FONDO PIZZOFALCONE

NAZIONALE
B. Prov.
VIII
317
BIBLIOTECA VITT. EM. III
NAPOLI

BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio X
Palchetto 4
Num.° d'ordine 2

123-17

Digitized by Google

116
6
8-12

B. Prov.
VIII
317-321

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Konig fecit Berolini

BIBLIOTECA NAZIONALE NAPOLI
Google

64153

ELEMENTA MATHESEOS UNIVERSÆ.

TOMUS I.

QUI

COMMENTATIONEM

DE

METHODO MATHEMATHICA,

ARITHMETICAM, GEOMETRIAM, TRIGONOMETRIAM PLANAM, ET ANALYSIN TAM FINITORUM, QUAM INFINITORUM COMPLECTITUR.

AUTORE

CHRISTIANO WOLFIO,

POTENTISSIMI BORUSSORUM REGIS CONSILIARIO INTIMO, FRIDERICIANÆ PRO-RECTORE ET PRO-CANCELLARIO, JURIS NATURÆ ET GENTIUM ATQUE MATHEMATUM PROFESSORE ORDINARIO, PROFESSORE PETROPOLITANO HONORARIO, ACADEMIÆ REGIÆ SCIENTIARUM PARISINÆ SOCIETATUMQUE REGIARUM BRITANNICÆ ATQUE BORUSSICÆ MEMBRO.

EDITIO NOVISSIMA

MULTO AUCTIOR ET CORRECTIOR.

CUM PRIVILEGIIS.

HALÆ MAGDEBURGICÆ,

PROSTAT IN OFFICINA LIBRARIA RENGERIANA

ANNO MDCCXLII.

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Digitized by Google

SERENISSIMO PRINCIPI AC DOMINO,

DOMINO

WILHELMO,

HASSIÆ LANDGRAVIO,
PRINCIPI HERSFELDIÆ, COMITI
CATTIMELIBOCI, DECIÆ, ZIEGENHAINÆ,
NIDDÆ ET SCHAUMBURGI,
ETC. ETC.

EXERCITUS EQUESTRIS FOEDERATI BELGII
GENERALI LOCUM TENENTI,
LEGIONIS PRÆTORIANÆ DESULTORIÆ
CHILIARCHÆ,
NEC NON
OPPIDI TRAJECTI MOSANI
SUPREMO PRÆFECTO BELLICO
ETC. ETC.

PRINCIPI AC DOMINO
CLEMENTISSIMO.

Digitized by Google

SERENISSIME PRINCEPS, DOMINE CLEMENTISSIME.

SCientiæ Mathematicæ Imperatoribus, Regibus & Principibus ab omni ævo in pretio fuere, ut non modo munificentia ſua eas promoverint, ſed ipſimet animum ad eas excolendas applicaverint. Non opus eſt, ut de ALPHONSO X Caſtellæ ac Legionis Rege, & ULUGH BEIGHO, TAMERLANIS MAGNI nepote, Aſtronomiæ inſtauratoribus, de MATTHIA Hungariæ Rege inventorum mathematicorum inſigni remuneratore, de FRIDERICO II Daniæ & Norwegiæ Rege atque RUDOLPHO II Imperatore, TYCHONIS Mecænatibus, de FERDINANDO, magno Etruriæ duce, GALILÆI Protectore, de

Digitized by Google

de CAROLO II & LUDOVICO XIV Angliæ & Galliæ Regibus, Societatum Scientiarum conditoribus, de DUCE BURGUNDIÆ, Elementorum Geometriæ ſcriptore & de pluribus aliis, Principibus ſummis dicamus: eccur enim e longinquo petenda ſunt exempla, ubi domeſtica proſtant? Cur ad vetuſta provocandum, ubi præſentia intuemur? Nemo profecto ignorat, quæ WILHELMUS IV Haſſiæ Landgravius ſucceſſu feliciſſimo, quo TYCHONI, Phœnici *illi* Aſtronomorum, judice HEVELIO, palmam dubiam reddidit, Aſtronomiæ & Mechanicæ inſtaurandæ gratia Caſſellis molitus eſt. Et orbis univerſus admiratur, quæ Magnus Parens Tuus, CAROLUS, Sapientis cognomen inſtar ALPHONSI dudum meritus, in omni Matheſi ac philoſophia experimentali præſtitit atque munificentia tanto Principe dignam deprædicat, qua artes mathematicas & Naturæ cognitionem promovet. Tu, Princeps Sereniſſime, qui omnibus virtutibus emines, quæ Heroëm in bello, Regnatorem in pace, exornant, nullis Principum in Scientiis mathematicis magno æſtimandis ſecundus. Quare cum Elementa mea Matheſeos univerſæ multo auctiora novoque habitu induta, ut opus

Digitized by Google

plane novum exiſtimari debeant, denuo in lucem proferam, quo via plana ad omnem theoriam & praxin ſternitur, veræque methodi leges, ad accurate & utiliter philoſophandum vitæque negotia dextre gerenda apprime neceſſariæ animo lectoris ſenſim ſenſimque inſtillantur; nullus dubitavi, PRINCEPS SERENISSIME, ad pedes Tuos ea deponere, certo perſuaſus, Tibi non improbatum iri meum in Scientiis humano generi adeo utilibus propagandis ſtudium. Deus Te ſervet Principum Haſſiæ Decus! Ita vovet,

SERENISSIME PRINCEPS,

DOMINE CLEMENTISSIME,

SERENISSIMI NOMINIS TUI

Marburgi d. 8. Martii 1730.

humillimus cultor

CHRISTIANUS WOLFIUS.

Digitized by Google

PRÆFATIO.

ETſi nullo tempore, quo ſcientiis honos fuit, defuerint viri egregii, qui præclaris ingenii ac virtutum dotibus ſupra communem mortalium ſortem evecti divina illa Mathemata digna ſtatuerunt, in quibus elaborarent, nec infelici ſucceſſu ſuſpiciendis inventis eadem amplificarunt, quemadmodum veterum monumenta palam loquuntur; ante noſtram tamen ætatem ad illud faſtigium non fuerunt evecta, in quo hodie conſtituta miramur. Neque indigna ſunt, quæ in dies magis magisque excolantur & exploſa loquaci ſophiſtica in ſcholas revocentur, cum neminem, niſi aut tardiore fuerit ingenio, aut ignarus artis oſor affectu præ-

Digitized by Google

præpeditam habuerit mentem, fore exiſtimem, qui non eorum puritatem, evidentiam ac ſublimitatem miretur & ob utilitates innumeras inde in genus humanum redundantes de Arte noſtra præclare ſentiat. Mentem enim humanam valde perficit Matheſis, ad philoſophiam aliaque ſtudiorum genera & latius, & profundius, & utilius tractandum inſtruit, ad ſolidiorem doctrinam adminicula inexſpectata ſuppeditat, maximas ad vitam utilitates affert.

Non ignota loquor, non inexſpectata Mathematum peritis. Attamen nullus dubito fore, ut vulgus litteratorum ex ſuo ingenio alios judicans perſuadere conetur ignaris, ex præpoſtero in ſcientias mathematicas ſtudio proficiſci has laudes. Quamvis autem non ea ſit penes me garrientium (a) auto-

(a) Autor ſum his hominibus, ut præfationem legant, quam *Philippus Melanchthon*, Vir non Mathematicis, ſed elegantioribus, ſed philoſophicis, ſed theologicis ſtudiis celebris, communis Germaniæ Præceptor, *Joannis Vogelini* Elementis Geometriæ præmiſit. Ex ea notulas quasdam hinc inde adſpergemus, conſenſum Philippeorum cum noſtris manifeſtaturas. Ita ergo generatim ad rem noſtram *Melanchthon:* Scio, inquit, has adhortationes apud eos, qui ſordidis ingeniis præditi ſunt, nihil proficere, qui præſtantium diſciplinarum dignitatem non proſpiciunt, aut ſectantur quasdam vendibiliores artes, quæſtus gratia. Nam & mentes habent monſtroſas, & magno ſcelere turbant proportionem geometricam, cum non tribuunt ſuam artibus dignitatem. Sed recta ingenia, etiam medio-

autoritas, ut, quæ inſcite obſtrepunt, ſcite retundam, non tam quod plurimi inſtitutione indignos judicent, qui conviciis extorquere volunt, ut doceantur, & illos demum lumine dignos cenſeant, qui modeſte id deſiderant; quam quod in ſciolis erudiendis oleum operamque perdi pro comperto habeam, quippe qui tum (ut cum *Horoccio* * loquar) pulchre ſibi diſputare videntur, ſi, quod arguendo evertere non poſſunt, tanquam ridiculum contemnant, aut puerilibus dicteriis adſperſum aliorum riſui exponant: cum tamen mearum partium eſſe exiſtimem, ut generoſa atque excelſa ingenia ad ſtudia Mathematica incendam atque inflammem; quid, quæſo, impedit, quo minus evincam, non eſſe Mathematicos (liceat mihi denuo *Horoccii* verbis ** uti) tam perfrictæ frontis, ut abſurdas quasvis ampullas magno clamore ignaris divendant, modo in fucati laboris præmium breviſſimo inanis gloriæ flatu intumeſcant & inter inconditos plaudentium ſtrepitus placide ſibi adulentur; multo minus ita dibuccinare laudes ſuas, ut apud alios merito nullam inveniant.

 Age-

mediocria, incitari poſſunt ipſa artium admiratione, ſi admoneantur, deinde ſi accedat artifex, qui commode tradat. Ideo ſpero aliquorum ſtudia commoveri poſſe.

* In Aſtronomia Kepleriana defenſa atque promota c. 1. p. 23.

** In Prolegomen. p. 8.

Agedum, ergo! quis eſt, qui ſcientias Mathematicas & rerum evidentia ac ſublimitate, & demonſtrationum rigore ac profunditate, & ordinis pulchritudine ac concinnitate ceteris omnibus longe ſuperiores mentem perficere negare auſit? Qui mentis dotes ignorat; qui judicium leve a gravi, ingenium hebes ab acri non diſtinguit; qui denique culmen perfectionum non proſpicit, ad quod menti pervenire datum eſt. Tum demum, me judice, ingenii acie pollebis, ſi non modo clara ab obſcuris, diſtincta a confuſis, adæquata ab inadæquatis, explorata ab inexploratis, certa ab incertis, probabiliora a minus probabilibus diſcernere valebis, ſed & ipſemet fueris exactus & perſpicuus in definiendo, ſolers & circumſpectus in obſervando, ingenioſus & accuratus in experimentando, ſeverus & acutus in judicando, concinnitatis & rigoris tenax in demonſtrando, patiens & profundus in meditando, ſagax & expeditus in inveniendo. Sed quomodo, quæſo, comparantur habitus tam præclari? Non niſi crebro exercitio. Multus ergo ſis neceſſe eſt in notionibus evolvendis, in demonſtrationibus concipiendis, in problematibus reſolvendis, nec proletaria in meditando & inveniendo collocanda eſt opera. Cum adeo diſciplinas, quæ huic ſcopo conveniant, præter mathematicas nullas noverint, qui mathematicas & ceteras eadem diligentia pertractarunt; ſtu-

dium

dium mathematicum ad acuendum judicium apprime neceſſarium pronunciamus & ſine eo ad ſolidam rerum cognitionem perveniri poſſe negamus. (b)

Equidem non ignoro, homines quosdam, cum ſint in Matheſi hoſpites ac plane rudes, ſe jactare, quod audiverint Mathematicos de rebus mathematicis optime, de aliis a Matheſi alienis peſſime judicantes: veruntamen quod ad tam inconſiderate dicta reponam, non unum habeo. Quoniam nimirum non quævis terra Mathematicum alit (neque enim creantur in Academiis ut Doctores;) ſane non apparet, unde imperitus Artis obtrectator certus fuerit factus, ſibi rem cum Mathematico fuiſſe. Quid ſi agrimenſorem viderit, aut architectum, aut conſpicillorum politorem, aut inſtrumentorum fabrum, aut virum, cui data eſt docendi quidem, ſed non ſciendi Matheſin poteſtas? Quis enim adeo inſanus eſt, ut unumquemque cenſeat titulo, quem fama fallax aut fortuna cœca eidem tribuit? Non inſolitum, nec inauditum, ut, quem ignari judicant

(b) *Melanchthon* loc. cit. Si qui non totos ſe huic ſtudio dedent, tamen his ad judicia formanda - - - opus eſt cognitione elementorum Geometriæ. Idem paulo ante: Cum demonſtrationes Geometriæ maxime ſint illuſtres; nemo ſine aliqua cognitione hujus artis perſpicit, quæ ſit vis demonſtrationum, nemo ſine ea erit artifex methodi.

Digitized by Google

Matheſeos apprime peritum, quem Profeſſores *Euclidis, Apollonii, Archimedis alterius* elogio etiam poſt fata mactant, idem tamen a Mathematicis ſummis, vere idoneis harum rerum arbitris Matheſeos imperitus appelletur. Enimvero etiamſi hoc demus, Artis noſtræ oſorem audiviſſe Mathematicum de rebus ad Matheſin non ſpectantibus judicantem; nondum tamen video, unde cognoverit, quod male judicaverit; aliter enim niſi judicaret qui ingenii acumine pollet, aliter qui haud altius vulgo ſapit, inter ingenium acre & hebes nullum foret diſcrimen, nec concedendum erat, in Matheſi cum laude verſatis res quaslibet profundius ſcrutari datum eſſe. Denique ſi vel maxime aliquando contigerit, Mathematicum aliquem de rebus ad ſe non pertinentibus male judicaſſe; hinc ſaltem colliges, ipſum occaſione ita ferente de re, quam nondum meditatus fuerat, per præcipitantiam, vitium ἀγεωμετρήτοις tantum non ſemper familiare, ſtatuiſſe.

Neque enim defendimus, quod eadem opera, qua quis Mathemata ſibi familiaria reddit, ceterarum quoque rerum cognitione animum imbuat, & criminationis loco habemus, ſi qui per malitiam affirment, quod Mathematici glorientur, penes ſe ſolos eſſe principia veritatis; ſed quod Matheſeos cultura reliquis ſtudiis præmiſſa efficiat, ut alias diſcipli-

ſcipli-

Google

ſciplinas facilius, rectius & profundius percipere poſſis, ubi ad eas induſtriam atque aſſiduitatem attuleris, id vero eſt quod aſſeveramus. Neſcio vero, qua fronte, qui inexperta loquuntur, majorem ſibi fidem haberi velint, quam iis, qui niſi experta non confitentur. Utinam tandem, qui Eccleſiæ ac Reip. præſunt, caverent ne ad cetera ſtudia tractanda animum appellerent, niſi mathematica cognitione imbuti, neque ullus dubito fore ut aliam Eccleſiæ, aliam Reip. faciem contueremur. (c) Ut enim taceam, quæ a ſolida doctrina in Eccleſiam & Remp. redundant, emolumenta, plurimum refert, ſi, qui ob eruditionem utrique præficiuntur, ſint aſſidui, conſiderati, moderati & veritatis amantes, quos Matheſeos ſtudium efficit, ubi ita tractetur, ut amplificet uſum rationis.

Quot-

(c) *Melanchthon* loc. cit. Jacent deſertæ & neglectæ artes mathematicæ, multis jam ſeculis. Nam proxima ætas (*quidni & noſtra?*) juventutem ab hac vera philoſophia ad inſulſiſſimas cavillationes abduxerat. Nunc, poſtquam hæ exploſæ ſunt e ſcholis, annitendum erat, ut pura & nativa philoſophia traderetur, quæ conduceret ad ſolidam doctrinam conſequendam. Nam hæc noſtra ætas ſatis commonefacit nos, quantum opus ſit Reip. perfecta doctrina, quia multi paſſim, tum inopia judicii, tum quia diſerte explicare nihil poſſunt, ſparſerunt aut defendunt opiniones abſurdas & confuſaneas, ex quibus in Eccleſia magna certamina, magnæ diſſenſiones extiterunt. Nec finis horum malorum erit ullus, niſi ad veram & eruditam ſtudiorum rationem juventus revocata fuerit.

Digitized by Google

Quotquot humanæ mentis vires cognoſcere ſtudent earumque uſum ſcrutari geſtiunt; eos ad Mathematum culturam invitamus. Oſtendet Algebra atque Geometria ſublimior, nihil eſſe tam abditum, quin detegatur: docebit Aſtronomia cum Geographia, nihil eſſe a ſenſibus hominum tam remotum, quin id ſatis diſtincte cognoſcere & accurate dimetiri valeamus: teſtabitur calculus Aſtronomicus, quanta certitudine futura cœli phænomena prædicere liceat, etſi genius nullus motuum, quibus ſidera feruntur, leges Aſtronomis revelaverit: Optica cum Aſtronomia diſcrimen inter repræſentationes rerum in intellectu & in imaginatione monſtrabit: Arithmetica, Trigonometria & Analyſis regulas generales ſuppeditabunt, quibus in inveniendo dirigatur intellectus & una cum ſenſibus compeſcatur imaginatio, ne meditationes turbet: methodus denique mathematica rectum rationis uſum manifeſtabit.

Quanta ſit vis Mathematum in ſcientia naturali, ex Statica, Mechanica, Hydroſtatica, Aerometria, Hydraulica, Optica, Catoptrica, Dioptrica, Aſtronomia & Geographia abunde perſpicitur: quæ omnes argumenta quædam phyſica ſolidius atque profundius pertractata exhibent, quam ſine Matheſeos principiis fieri poterat. Nonne enim Phyſici eſt explicare motum, gravitationem corporum, proprie-

prietates aeris, phænomena viſus, ſtructuram univerſi, naturam & proprietates corporum mundi totalium? Quodſi vero quæ de motu ſolidorum in Statica & Mechanica, de gravitatione corporum in fluidis in Hydroſtatica, de motu fluidorum in Hydraulica, de aere in Aerometria, de viſu in Optica, Catoprica & Dioptrica, de corporibus mundi totalibus eorumque motuum legibus in Aſtronomia & Geographia traduntur, cum iis conferre dignatus fueris, quæ de iisdem argumentis in Phyſicorum ſyſtematibus occurrunt, demtis præſertim iis, quæ ex Mathematicorum voluminibus deſcripta ſunt; quantum diſcriminis intercedat inter doctrinas phyſicas principiis Mathematicis ſuperſtructis atque Mathematicorum opera excultas, & inter ea dogmata, quæ Mathematicorum opem adhuc deſiderant, illico conſtabit. Unde non miramur *Robertum Boylium*, de ſcientia naturali experimentando præclare meritum, ita ſcribentem (d): „De Mathematica nonnihil tibi propoſiturus ſum, „eum inprimis in finem, ne forte (quod & mihi „olim evenit) ſeducaris Philoſophorum iſtorum „modernorum autoritate, qui cum Phyſici objectum ſit materia, mathematicas diſciplinas, tan-

 „quam

(d) In Conſiderationibus circa utilitatem Philoſophiæ naturalis experimentalis Exercitat. 6. §. 142. p. m. 483.

Digitized by Google

„quam abſtractis ſaltem quantitatibus & figuris occupatas, ſtudio naturali obeſſe magis, quam prodeſſe contendunt. Quamvis enim opinionem „ipſius *Kepleri*, trium Imperatorum Mathematici „aliorumque Aſtronomorum recentium abſurdam, „hominibus perſuadentem, quod Mathematica „quempiam ad ſtudium naturale facilius abſolvendum non omnino idoneum reddere poſſit, reſtabilire & defendere aliquando conatus fuerim; ingenue tamen confiteor, quod experimentis meis „in ſpecie mechanicis, Mathematicæ in Phyſica „uſum ingentem mihi demonſtrantibus, ſæpe jam „exoptarim, ut in Geometriæ theoriam & ſtudium „Algebræ ſpecioſæ, quam puer ferme addidici, majorem impendiſſem partem temporis & induſtriæ, „quæ Planimetriæ & Fortificatoriæ (de qua me integrum Tractatum ſcripſiſſe memini) aliisque practicis Mathematicæ partibus a me attributa fuit. Imo nec miramur ingenue profitentem (e): „vereor, implorandam eſſe a Mathematicis lectoribus „veniam pro iis rebus, quas, ſi in Matheſi magis pollerem, accuratius tractaſſem. Alibi nimirum oſtendi (f), tum demum in ſcientia naturali ad certitudinem

(e) In præfat. ad nova experimenta phyſico-mechanica de vi aeris elaſtica.

(f) In præfat. ad Elementa Aerometriæ A. 1709. ſeorſim edita.

nem ſeu evidentiam perveniri & dominium in res creatas obtineri, ſi Matheſis ad Phyſicam applicetur.

Niſi utilitates, quas Matheſis ad vitam affert, ſponte ſua occurrerent attentis; non modo Arithmeticæ, Geometriæ practicæ, Architecturæ, Mechanicæ, Hydroſtaticæ, Hydraulicæ uſus in œconomia ampliſſimus facile oſtendi, ſed etiam evidenter demonſtrari poſſet, maximam felicitatis humanæ partem Matheſi ſuperſtructam: ut taceam commoda, quæ Matheſis præſtat abſolutis ſtudiis Academicis in exteras regiones excurrentibus, quibus maxima utilitatis ac voluptatis ex itinere capiendæ pars perit, ſi in illa fuerint hoſpites ac peregrini.

Cum adeo diſciplinarum Mathematicarum utilitates innumeras mente attenta perpenderem, propria autem experientia edoctus non ignorarem, deſiderari adhuc Matheſeos univerſæ elementa, quæ ad illas conſequendum ſufficerent; ante triennium idiomate patrio Elementa Matheſeos univerſæ publici juris feci, in quibus ea potiſſimum explanavi, quæ ad praxin tendunt, adeoque theorias prætermiſi, quarum non adeo manifeſtus eſt uſus. Dum liber adhuc ſub prælo ſudabat, contigit ut multi eundem expeterent: (g) quo ipſo adductus bi-

(g) Elementa iſta Germanica ab eo tempore jam quarta vice typis reſcripta, & in compendium redacta, quod ter lucem adſpexit.

bliopola deſiderabat, ut eundem in ſermonem Latinum transfunderem. Hujus ego deſiderio annuens bonam jam operis partem habitu Romano indutam prælo deſtinaveram, cum conſultius mihi videretur, ſi theoretica uberius exponerentur, quam in Opere Germanico ad juvandum primos tyronum conatus compoſito fieri par erat, ut Latinum ſcilicet etiam ſatisfaceret ad ſublimiora tendentibus. Quæ igitur ſermone Latino prodeunt Elementa, a Germanicis multum differunt novoque ordine digeſta ſunt. In iis elaborandis tantum operæ collocare non licuit, quantum opus iſtiusmodi requirere videbatur. Præterquam enim quod ſex, minimum quinque per diem horas inſtituendæ juventuti Academicæ cum in Matheſi, tum in Philoſophia impendam; varia obſtacula alia impediverunt, quo minus omnia ex voto fierent. Quoniam nimirum bibliopola, qui aliquos jam ſumtus in editionem fecerat, inſtabat, ut opus cœptum perficerem; ſingulas fere propoſitiones typis deſcribendas tradere coactus fui, quamprimum a me in chartam conjectæ eſſent, typothetis ſcilicet quotidie penſum ſemidiurnum a manu mea exſpectantibus. Quodſi ergo quædam in hoc opere deprehendis, quæ jure diſplicent, ea nec mihi placere ſcias velim. Si totum diſplicet, ut meliora des hortor, gratum & mihi

hi

Digitized by Google

hi & aliis facturus. Interea patere, ut hoc duce utantur, quotquot ad ſolidam Mathematum cognitionem non ſine operæ, ſumtuum & temporis compendio adſpirant, quamdiu deſit magis fidus. Theoretica & practica eadem induſtria expoſui: ex his unusquisque ſeligat, quæ ad palatum ſuum eſſe exiſtimaverit, reliqua aliis, non ſibi dicta putet. Indicem geminum ſubjunxi: quorum alter eſt rerum atque verborum, ut his elementis etiam inſtar Lexici mathematici uti poſſint, quorum ſtudia eodem juvantur; alter elementa *Euclidea* cum noſtris confert, ut, quæ ex *Euclide* paſſim citantur, etiam in noſtris inveniri poſſint, nec *Euclideis* habeant opus, qui noſtra poſſident. Vale, Lector benevole, & his noſtris utere, Tomum alterum, qui Opticam, Catoptricam, Dioptricam, Perſpectivam, Trigonometriam Sphæricam, Aſtronomiam, Chronologiam, Geographiam, Gnomonicam, Pyrotechniam, Architecturam militarem atque civilem, una cum Bibliotheca Mathematica complectetur, propediem exſpectans. Dabam Halæ Magdeburgicæ ipſis Calendis Octobris A. 1713.

Digitized by Google

Plato apud Theonem Smyrnæum
c. 1. p. 20.

Adoleſcentibus eorumque ætati conveniunt diſciplinæ Mathematicæ, quæ animam præparant & defæcant, ut ipſa ad Philoſophiam capeſſendam idonea reddatur.

Digitized by Google

MONITUM AUTORIS DE EDITIONE NOVA.

NOvam horum Elementorum editionem daturi operam dedimus, ut multo correctiora prodirent, multo etiam auctiora. Etenim in ſingulis diſciplinis ea adjecimus, quæ adhuc deſiderari poſſe videbantur & viam ad ulteriora ſternunt: quo ipſo contingit, ut diſciplinæ nonnullæ novam plane formam adeptæ fuerint, &, quæ in editione priore per duos Tomos digeſta fuerant, in hac poſteriore quatuor Tomis complecti neceſſe fuerit. Ita in Tomo primo, qui nunc prodit, ut taceamus, quæ passim interſperſa ſunt, Arithmeticæ acceſſerunt capita nonum & decimum integra de fractionibus decimalibus & ſexageſimalibus, Geometriæ caput ſecundum partis poſterioris de ſectione & ſitu planorum, Trigonometriæ & Algebræ problemata varia, quæ vel utilitate ſeſe commendant vel quædam inveniendi artificia continent per cetera nondum inſinuata. Acceſſere etiam tum Geometriæ, tum Analyſi finitorum, tum Analyſi infinitorum figuræ novæ tabulis æneis inciſæ. Et quoniam philoſophiam

cer-

Digitized by Google

certam ac utilem effecturi Mathematum notitiam amplificamus, ut ad eam capeſſendam animi defæcati præparentur, nuperque in Opere Logico (a) methodum, quæ convenit doctrinæ ſolidæ, accuratius delineavimus, quam hactenus ab aliis factum fuerat, ac inprimis genuinam demonſtrationum formam diſtincte expoſuimus; ideo demonſtrationes ita digeſſimus, ut exempla regulis ad amuſſim reſpondeant, & elementa hæc manu aſſidua volventibus naturalis ratiocinandi modus ſua veluti ſponte ſeſe inſinuet naſcanturque in animo ideæ, quæ Logicæ præceptis reſpondent. Nulli igitur dubitamus fore, ut, qui in his elementis attenta mente perlegendis fuerint aſſidui, fructus eximios percipiant: id quod quemadmodum ſperamus, maxime optamus. Dabam Marburgi Cattorum d. 11. Martii. A. 1730.

(a) Prodiit A. 1728. in 4.

Digitized by Google

DE METHODO MATHEMATICA BREVIS COMMENTATIO.

Digitized by Google

PRÆFATIO.

SI quid mei judicii eſt, operam non inanem ſumit, qui methodum Mathematicorum diligentiſſime rimatur. Ejus enim vim qui tenet, is non modo ad Mathemata percipienda animum, quantum poteſt, attendit & rationes evidentiæ illorum funditus perſpicit; verum ad alias etiam diſciplinas, utut labore non adeo facili, cum fructu tamen prorſus inſigni, eandem transfert. Quodſi vero Matheſis non aliam præter hanc unicam cultoribus ſui afferret utilitatem; eidem tamen gnaviter incumbere deberent, quotquot diſciplinarum ſtudia ingrediuntur. Eumque in finem ſtudium mathematicum tantopere

Digitized by Google

commendant viri docti ac intelligentes, quos inter (*) LOCKIUM, (**) MALEBRANCHIUM, (***) TSCHIRNHUSIUM nominaſſe ſufficiat, quorum in philoſophia rationali illuſtranda ſolertia haud paucorum opinionem vicit. Hanc igitur de methodo mathematica commentationem mole exiguam, ſed rerum ubertate gravem Elementis Matheſeos univerſæ præmiſi, ne in iis deſiderari paterer induſtriam meam, quorum ad recte philoſophandum quam maxime neceſſaria eſt cognitio: (****) inprimis cum exiguus admodum ſit eorum numerus, quibus interiora methodi ſunt perſpecta; multo minor autem illorum, qui methodo mathematica prompte utuntur. Cæterum hæc commentatio de methodo ſingulari cum attentione perlegenda &, ubi Arithmeticæ ac Geometriæ elementa evolvuntur, præcepta methodi ſunt relegenda, tum ut penitus intelligantur, tum ut appareat, quomodo iis ſatisfiat. Ita demum Matheſeos ſtudium vere acuet intellectum.

(*) In Tractatu de directione ingenii (qui inter opera poſthuma idiomate Anglico Londini 1706. edita habetur) p. 30.

(**) de inquirenda veritate lib. 6. c. 6. & 7.

(***) in introductione ad Matheſin & Phyſicam Germanice conſcripta p. m. 17. & ſeqq.

(****) Uberius huc ſpectantia expoſuimus in Logica ſeu philoſophia rationali.

CON-

Digitized by Google

CONSPECTUS COMMENTATIONIS DE METHODO MATHEMATICA.

Methodus Mathematica definitur §. 1. & *ejus forma generaliter deſcribitur* §. 2. *Hæc ut ſpecialiùs explicetur, docetur quid ſint definitiones* §. 3. & *harum gratia traditur explicatio notionum tum in genere* §. 4. *tum in ſpecie clararum* §. 6. *obſcurarum* §. 7. *diſtinctarum* §. 8. *confuſarum* §. 9. *adæquatarum* §. 10. 11. & *inadæquatarum* §. 12. *Oſtenditur, quænam notiones in numerum definitionum admittantur* §. 13. 14. 15. *Definitiones dividantur in nominales & reales* §. 16. 17. 18. *Exponuntur quatuor modi inveniendi definitiones nominales* §. 19. 20. 21. 22. & *quatuor alii inveniendi reales* §. 25. 26. 27. 28. *Indicatur, quomodo innoteſcat, quod definitiones tam nominales* §. 23. 24. *quam reales* §. 29. *poſſibiles ſint. Declaratur indoles axiomatum & poſtulatorum* §. 30. 31. 33. & *abuſus quidam notantur* §. 32. *Diſſeritur quoque de experientia* §. 34. 35. 36. 37. *Definitur theorema* §. 38. & *diſtincte agitur de propoſitionis partibus theſi, atque hypotheſi* §. 39. 40. 41. 42. & *de demonſtratione* § 43. 45. 47. *ubi etiam docetur uſus citationum Mathematicis in demonſtrationibus ſolennis* §. 44. *Similiter declaratur problematum* §. 48. *corollariorum* §. 49. 50. *ſcholiorum* §. 51. *ratio. Aſſeritur methodi mathematicæ univerſalitas* §. 52. & *ratio redditur, cur interdum Matheſis judicium acuere debeat* §. 53. *interdum minus* §. 54. *Denique reſpondetur ad objectiones, quæ contra methodum mathematicam a nonnullis afferri ſolent* §. 55. 56. 57.

DE METHODO MATHEMATICA BREVIS COMMENTATIO.

§. 1.

PEr *Methodum Mathematicam* intelligo Ordinem, quo in tradendis dogmatis ſuis utuntur Mathematici.

§. 2. Ordiuntur autem Mathematici a definitionibus; inde ad axiomata & poſtulata, in Matheſi mixta ad experientias ſeu obſervationes, progrediuntur; his tandem theoremata & problemata ſuperſtruunt: ubique vero corollaria & ſcholia, ſi e re viſum fuerit, annectunt.

§. 3. Sunt autem *Definitiones* primæ rerum notiones, quarum ope inter ſe diſtinguuntur & unde, quæ de ipſis concipiuntur, reliqua deducuntur.

§. 4. Per *Notionem* quamlibet rei cujuslibet in mente repræſentationem intelligo.

§. 5. Notionum differentiam primus diſtincte tradidit ſagaciſſimus *Leibnitius* (*): quæ quanti ſit ponderis, pauci hactenus agnoverunt.

§. 6. Eſt ſcilicet *Notio clara*, quæ ad rem oblatam recognoſcendam ſufficit, e. gr. quod figura data in numero triangulorum habeatur.

§. 7. *Obſcura* eſt *notio*, quæ ad rem oblatam recognoſcendam non ſufficit. Talis eſt e. gr. plantæ, ad cujus conſpectum dubitas, utrum ea ſit nec ne, quam alio tempore alibi videras & cui hoc vel illud nomen tribui ſuevit.

§. 8. Clara *notio diſtincta* habetur, ſi notas recenſere valeas, ex quibus rem oblatam recognoſcis, e. gr. quod circulus ſit figura linea curva in ſe redeunte terminata, cujus ſingula puncta ab eodem puncto intermedio æqualiter diſtant.

§. 9. *Confuſa* eſt *notio* clara, ſi notas, ex quibus rem oblatam recognoſcis, recenſere minime valeas, utut in tales ſit reſolubilis: qualis eſt e. gr. notio coloris rubri.

§. 10. Diſtincta *notio adæquata* dicitur, ſi & notarum, ex quibus componitur, notiones diſtinctas habueris, e. gr. notio circuli paulo ante tradita cenſetur adæquata, ubi curvæ in ſe redeuntis, puncti intermedii, diſtantiæ æqualis & terminationis notiones diſtinctas habueris.

§. 11. In hac analyſi cum progredi liceat, donec ad notiones irreſolubiles perveniatur; notionum adæquatarum dari gradus manifeſtum eſt, in præſenti tamen non explicandos. Sufficit monuiſſe, quod notiones quædam confuſæ admitti queant, quarum evolutio ad demonſtrationes non apprime neceſſaria. Ita *Euclides* non reſolvit notionem æqualitatis, utut eadem notiones trianguli æquilateri, rhombi & figurarum regularium ingrediatur. Propoſitiones enim, ad quarum demonſtrationem neceſſaria erat, facile ipſi ſine probatione concedi poterant, e. g. Quod æqualia eidem tertio ſint æqualia inter ſe; quod figuræ ſibi mutuo congruentes ſint æquales; quod æqualibus per æqualia multiplicatis facta ſint æqualia &c. Defectum ſcilicet analyſeos ſupplent pro-

(*) In Actis Eruditorum An. 1684. p. 537.

propoſitiones, quæ per experientiam ſatis certæ ſunt.

§. 12. *Inadæquata* eſt *notio*, ſi notarum, quæ diſtinctam ingrediuntur, nonniſi confuſas notiones habueris.

§. 13. In numerum definitionum mathematicarum non admittuntur niſi notiones diſtinctæ &, quantum fieri poteſt aut pro re nata ſufficit, adæquatæ.

§. 14. Hinc in definitionibus ſubſequentibus non utuntur vocibus, niſi vel ex antecedentibus, vel aliunde ſatis intelligatur, quæ res iis ſubjiciantur.

§. 15. Et, ſi quando notione confuſa contenti ſumus, res, ad quam ſpectat, obvia ſit neceſſe eſt, ut vel præſentem quandocunque libuerit percipere, vel ſæpius jam olim perceptæ haud difficulter reminiſci valeamus.

§. 16. Definitiones vero ad duas claſſes commode revocantur. Sunt nimirum aliæ nominales, aliæ reales.

§. 17. *Definitio nominalis* eſt enumeratio notarum ad rem oblatam ab aliis diſtinguendam ſufficientium. Talis eſt quadrati, ſi figura quadrilatera, æquilatera, rectangula eſſe dicatur.

§. 18. *Definitio realis* eſt notio diſtincta rei geneſin, hoc eſt, modum, quo fieri poteſt, exponens. Talis in Geometria eſt Circuli, ſi per motum lineæ rectæ circa punctum fixum deſcribi concipitur.

§. 19. Ad definitiones nominales multis modis pervenitur: quos inter primus nominari debet, ſi ad rem præſentem, quam percipimus, attendimus. Hac ratione Aſtronomis innotuit, eclipſin Lunæ eſſe privationem luminis Lunæ plenæ. Cum cura vero diſtinguenda ſunt, quæ diſtingui poſſunt, eaque fini ſingula primum ſigillatim conſiderari, mox inter ſe conferri debent, ut definitio notio diſtincta evadat, qualis *vi* §. *13.* eſſe debet.

§. 20. Definitiones hac vel alia methodo inveſtigatas expendentes varias plerumque determinationes animadvertimus, quibus omiſſis generaliores evadunt. E. gr. Si ex definitione *trianguli*, quod ſit ſpatium tribus lineis comprehenſum, linearum numerus expungatur; notionem *figuræ* habebis, quod ſit ſpatium lineis terminatum.

§. 21. Si determinationes in definitionibus obvias conſideres, alias iis geminas comminiſci datur: qua ratione definitiones aliæ inveniuntur. E. gr. Ubi perpendis figuram trianguli a ternario laterum numero

numero dependere; quaternarium aut numerum quemcunque alium ternario majorem ſubſtitue, ut definitio *figuræ quadrilateræ* aut *multilateræ* cujuscunque prodeat.

§. 22. Quemadmodum vero *vi* §. 20. determinationes quædam omitti; ſic etiam novæ ſuperaddi poſſunt. E. gr. in definitione trianguli ſpecies & ratio linearum, quam inter ſe habent, determinari poteſt. Ponamus nimirum lineas eſſe rectas; generalis notio trianguli in notionem *trianguli rectilinei* abit. Ponamus porro eſſe latera omnia inter ſe æqualia; notio trianguli generalis in notionem *trianguli æquilateri* degenerabit.

§. 23. Definitionum per methodum primam inventarum realitas extra omnem dubitationis aleam poſita. Quis enim, quæ actu exiſtere cognoſcit, utrum eſſe poſſint nec ne, dubitabit? Dubitaret enim, num perciperet, quæ ſe percipere ſibi conſcius eſt: id quod valde abſonum. E. gr. Si quis lunam deficientem intuetur; quod eclipſin pati poſſit, dubitare nequit. Idem de illis definitionibus judicium eſto, quæ a poſſibilibus abſtrahuntur.

§. 24. Alia vero definitionum per methodum tertiam & quartam inventarum eſt ratio. Utrobique enim arbitrium regnat, ſive juxta tertiam determinationes datas in alias ſimiles convertas, ſive juxta quartam datis alias ſuperaddas: noſtrum autem arbitrium nullam rebus exiſtendi neceſſitatem imponit. Licet e. gr. ſpatium tribus lineis rectis comprehendi poſſit, inde tamen nondum liquet, quod etiam quatuor, quinque aut pluribus quotcunque aliis terminari queat. Et quamvis tres lineæ rectæ ſpatium comprehendant; inde tamen nondum apparet, quod inter ſe æquales eſſe poſſint. Tales itaque definitiones poſſibiles eſſe demonſtrandum eſt: id quod Geometræ circa figuras præſtant, dum earum conſtructionem tradunt.

§. 25. Definitiones reales vel a priori inveniuntur, vel a poſteriori innoteſcunt. A priori definitiones reales inveſtigabis, ſi ex plurium poſſibilium, quæ tibi innotuerunt, combinatione novum quoddam poſſibile producis, e. gr. ex combinatione machinarum ſimplicium machinam quandam compoſitam, cujus nullam antea habebas notionem. Et in hac quidem methodo caſui perſæpe aliquid datur. Exemplo eſt compoſitio teleſcopii per fortuitam combinationem lentis convexæ cum concava detecta, narrante *Borello*.

§. 26.

§. 26. Difficilius idem præſtatur, ſi ex data definitione nominali realis invenienda. Hoc enim in caſu notiones diſtinctas eorum evolvere tenemur, quæ in iſta continentur, ut appareat, qualia ad rei formationem requirantur; poſtea cognitiones jam ante acquiſitas mente recolere debemus, viſuri num talia ſuccurrant, per quæ rei formationem concipere licet. E. gr. datur in Aſtronomia definitio nominalis eclipſis Lunæ, quod ſcilicet ſit privatio luminis Lunæ plenæ; invenienda eſt definitio realis ejusdem. Lumen igitur lunare & plenilunium meditari debemus. Ubi iſtud a Sole ſecundum lineas rectas in corpus lunare incidere & tempore plenilunii ecliptici Lunam Soli diametraliter opponi, adeoque Tellurem duobus hiſce corporibus interpoſitam in locum Soli oppoſitum projicere umbram ſuccurrit; haud difficulter innoteſcit, eclipſin Lunæ oriri, ſi ea umbram terræ ingrediatur.

§. 27. A poſteriori definitiones reales innoteſcunt, ſi rei formationi præſentes attendimus. E. gr. Si quis videat in campo circulum deſcribi, fune circa clavum fixum in gyrum acto; is geneſin circuli concipit per motum lineæ rectæ circa punctum fixum.

§. 28. Ad definitiones reales quoque pervenitur, dum compoſitum totum in ſuas partes ſimplices reſolvitur, quod in organicis potiſſimum locum habet. Hac ratione e. gr. ſtructuram machinæ jam extantis aſſequimur.

§. 29. Circa hoc definitionum genus duo conſideranda ſunt, antequam de illarum poſſibilitate judicare licet, nempe 1. utrum ea exiſtant aut exiſtere poſſint, nec ne, quæ ad geneſin rei concurrere aſſumimus; 2. num ab iis proficiſci queant, quæ in formatione rei iisdem tribuimus: id quod ex natura definitionis realis (§. 18.) liquet. Horum vero certitudinem vel experientia, vel eorum, quæ per conſequentias legitimas alio tempore deduximus, reminiſcentia conſequimur. Ita e. gr. in definitione circuli ſuperius (§. 27.) tradita per experientiam claret, lineam rectam circa punctum fixum in gyrum agi poſſe. Aſt in definitione eclipſis lunaris ratione, experientia licet ſtipata, aſſequimur, Lunam Telluris umbram ingredi poſſe.

§. 30. Definitiones tam reales, quam nominales cum in ſe conſiderari, tum inter ſe conferri poſſunt. Quicquid ex conſideratione eorum, quæ in una definitione continentur, immediate deduci-

tur, *Axioma* vocatur, ſi quid rei convenire, aut non convenire enunciet; *Poſtulatum* vero, ſi quid effici poſſe affirmet vel neget. E. gr. Ex geneſi circuli liquet, omnes rectas ex centro ad peripheriam ductas inter ſe æquales eſſe, cum unam eandemque lineam in diverſo ſitu referant. Hæc adeo propoſitio in axiomatum numero habetur. Aſt dum per eandem definitionem intelligitur; ex quovis puncto quovis intervallo circulum deſcribi poſſe: id inter poſtulata collocatur.

§.31. Quoniam igitur axiomatum & poſtulatorum veritas per intuitum definitionum, ex quibus fiunt, cognoſcitur; demonſtratione nulla indigent. Vera enim eſſe intelliguntur, quam primum realitas definitionum fuerit evicta. Et hoc intuitu *propoſitiones per ſe notæ*, item *ex terminis manifeſtæ* dicuntur.

§.32. Multi hac axiomatum proprietate abutuntur, dum præmiſſas ſyllogiſmorum, quas probare neſciunt, pro axiomatibus venditant. Hinc videas in axiomatum numerum referri propoſitiones, quas ſine probatione non admittunt intelligentes. Equidem negandum non eſt, ipſum *Euclidem*, qui in demonſtrando ſe virum præſtitit, propoſitiones utique demonſtrabiles in axiomatum numerum retuliſſe, propterea quod æqualitatis, congruentiæ, lineæ rectæ aliarumque rerum notiones explicare non poterat: monuimus tamen jam in ſuperioribus (§. 11.), ipſum non ſuppoſuiſſe niſi propoſitiones, quarum certitudo ſtatim cuique patet per recordationem vel maxime confuſam eorum, quæ olim ſæpius experti ſumus aut etiamnum, ſi ita viſum fuerit, denuo extemplo experiri poſſumus, immo quibus in judicando tantum non quotidie utuntur omnes, quale e. gr. eſt, quod eidem tertio æqualia ſint æqualia inter ſe; item quod figuræ & lineæ rectæ ſibi mutuo congruentes ſint æquales. *Euclidis* igitur exemplum abuſum, quem taxamus, minime tuetur.

§. 33. Notandum nimirum, eo minorem fieri axiomatum numerum, quo ſufficientius notiones evolvuntur. Immo ſi verum fateri fas eſt, vera axiomata non ſunt niſi propoſitiones identicæ.

§. 34. Cum axiomatibus & poſtulatis etiam experientiæ nonnunquam confunduntur. *Experiri* autem dicimur, quicquid ad perceptiones noſtras attenti cognoſcimus, e. gr. dum accenſa candela

Digitized by Google

dela conſpicua fieri videmus, quæ ante non apparebant.

§. 35. Experientiæ itaque ſunt rerum ſingularium, quoniam nonniſi res ſingulares percipimus. Quamobrem ad illas provocans caſum ſingularem in medium proferre tenetur, niſi vel ſenſui, vel memoriæ fuerint obviæ: id quod in Matheſi exactiſſime obſervatur. Neque enim e. gr. in Aſtronomia Solis orientis & occidentis obſervationes recenſentur, utpote quotidianæ ac omnibus ſatis notæ. Diametri vero apparentis Planetarum obſervationes a diverſis Aſtronomis tempore diverſo diverſisque inſtrumentis celebratæ fideliter referuntur, cum non in cujusvis poteſtate exiſtant.

§. 36. Mathematici quoque experientias a concluſionibus inde deductis accurate diſtinguunt, aliis ut plurimum has cum iſtis confundentibus. E. gr. Quod candela accenſa corpora, quæ ante non apparebant, in conſpectum prodeant, per experientiam innoteſcit. Quodſi vero perpendens, lumen in cauſa eſſe, cur tenebris diſcuſſis appareant, & una expendens rerum naturalium eodem modo ſe habentium eundem eſſe effectum, infero; quicquid lumine colluſtratur, videri poteſt: hæc propoſitio non in experientiarum, ſed concluſionum per legitimam conſequentiam inde derivatarum numerum referenda.

§. 37. Iſtiusmodi concluſiones omiſſis experientiis commemorantur, ſi modus, quo ex his eliciuntur, omnibus fuerit cognitus atque perſpectus. E. gr. Maximam Solis declinationem non immediate metimur; ſed ex data elevatione Æquatoris & altitudine meridiana Solis in ſolſtitio invenimus. Proprias igitur de ea obſervationes traditurus, non altitudinem Solis meridianam in ſolſtitio obſervatam annotet opus eſt, ſed ſufficere poteſt, ut ipſam declinationem ſtatim indicet. Si enim conſtet, quantam elevationem Æquatoris aſſumſerit; nec quanta meridiana fuerit altitudo Solis ignoratur. Quod ſi vero non appareat, quomodo propoſitio data ex prævia quadam experientia eliciatur; caſus ſingularis omnino adducendus, ut ratio deductionis ad examen revocari poſſit. Quod enim aliquid perceperis, cum demonſtrare nequeas; ut credatur, jure poſcis: ſed quomodo unum ex altero deductum fuerit, cum rationis examini ſubſit, ut fides deductis habeatur, ſine ratione flagitas.

§. 38. Propoſitio theoretica ex pluribus definitionibus inter ſe collatis eruta *Theorema* appellatur. E. gr. Si in Geometria triangulum cum parallelogrammo ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis confertur, & partim immediate ex ipſis eorundem definitionibus, partim ex aliis ipſorum proprietatibus jam ante erutis infertur; parallelogrammum eſſe trianguli duplum: ea propoſitio in theorematum numerum referenda.

§. 39. Duo autem ſunt, quæ in omni theoremate attentionem merentur, *Propoſitio* nempe atque *Demonſtratio*. Iſta quidem enunciatur, quid rei cuidam ſub certis conditionibus convenire poſſit, quid non: in hac autem rationes exponuntur, ob quas intellectus illud ipſi convenire concipere valet.

§. 40. Abſolute poſſibile non eſt niſi ens a ſe: reliqua vero omnia tantum admiſſo alio poſſibilia eſſe intelliguntur, hoc eſt, nil eorum eſt ſine quadam conditione. Hæc igitur in propoſitione una exprimenda. E. gr. Triangulum eſt dimidium parallelogrammi, ſi baſes & altitudines fuerint ſigillatim æquales. In propoſitione itaque tam baſium, quam altitudinum æqualitas exprimenda. Hinc quælibet propoſitio in *Hypotheſin* & *Theſin* commode diſtinguitur: quarum iſta conditiones recenſet, ſub quibus aliquid affirmatur, vel negatur; hæc vero complectitur, quod vel affirmatur, vel negatur. E. gr. in propoſitione allata hypotheſis eſt, *ſi triangulum & parallelogrammum ſuper æquali baſi & ejusdem altitudinis exiſtant*; theſis autem, *illud hujus dimidium eſt.*

§. 41. Notandum vero, ſi in ipſa rei definitione conditiones, de quibus dixi, continentur, hypotheſin diſtincte non exprimi. E. gr. Si tres in triangulo anguli 180. graduum dicantur; hypotheſi carere videtur propoſitio: quæ tamen ſtatim comparet, ſi pro voce trianguli definitionem ejus ſubſtituas. Ita enim habet propoſitio: ſi quædam figura tribus lineis rectis terminatur, tres habet angulos junctim ſumtos duobus rectis æquales. En hypotheſin, quæ urget, ut tres lineæ rectæ ſpatium comprehendant.

§. 42. Datur autem in propoſitione affirmativa neceſſarius nexus inter hypotheſin atque theſin; in negativa autem nullus concipi poteſt, ſed hæc illi repugnat. Quoniam ſcilicet in ſubjecto deprehenditur, quod hypotheſis involvit; ei quoque convenire debet, quod in theſi continetur. E. gr. in hoc the-

Digitized by Google

theoremate, quod *triangulum ſit dimidium parallelogrammi ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis,* primum triangulo tribuimus baſin & altitudinem baſi ac altitudini parallelogrammi æquales; dein aſſerimus, quod ſit parallelogrammi dimidium. Poſterius concipitur propter prius.

§. 43. Nexum inter theſin & hypotheſin in propoſitionibus affirmativis; repugnantiam in negativis *demonſtratio* manifeſtat. Eorum igitur definitiones, quæ in hypotheſi ac theſi continentur, eorundemque proprietates ex iſtis derivatæ aut aliunde cognitæ demonſtrationum principia exiſtunt. Quoniam vero in Matheſi principia non admittuntur, niſi quæ ante fuerunt evicta; definitiones ac propoſitiones, quibus demonſtrationes ſuperſtruuntur, citari ſolent, partim ut appareat, genuina principia adhiberi; partim ut ignaris conſtet, unde ipſorum certitudo haurienda.

§. 44. Enimvero citationes definitionum, axiomatum, poſtulatorum, theorematum & problematum non exiguum habent uſum, nec ſine ratione in Matheſi ſingulis cogitationum generibus ſingula nomina imponuntur. Demonſtratio namque non convincit niſi principiis demonſtrandi extra dubitationis aleam poſitis. Quamobrem ex citationibus liquet, quænam tanquam vera ſupponenda ſint, antequam veritatis propoſitionis datæ convinci poſſis. Et quoniam definitiones primi conceptus exiſtunt, axiomata vero ex iis immediate deducuntur, theoremata vero vel immediate, vel mediate ex iisdem derivantur; ex nomine veritatis cujuslibet, ad quam in demonſtratione provocatur, ſtatim addiſcitur, utrum multa ſupponenda ſint nec ne, & quo ordine ſit procedendum, ut convictio locum habeat. Immo cum ad veritatem definitionum, axiomatum & poſtulatorum, theorematum & problematum dijudicandam peculiaribus artificiis opus ſit; nomina veritatum citatarum ſimul methodos in memoriam revocant, quibus principia demonſtrandi perſuadeas convincendo.

§. 45. Non alia vero eſt ratio ex principiis concluſiones inferendi, quam quæ in omnibus libellis Logicis, ubi de ſyllogiſmo agitur, dudum expoſita. Sunt enim demonſtrationes Mathematicorum congeries quædam enthymematum, ita ut omnia vi Syllogiſmorum concludantur, omiſſis ſaltem præmiſ-

miſſis, quæ vel ſponte meditanti occurrunt, vel per citationes in memoriam revocantur. Perfecta autem ut ſit demonſtratio, præmiſſæ ſyllogiſmorum novis ſyllogiſmis tamdiu probandæ ſunt, donec perveniatur ad ſyllogiſmum, in quo præmiſſæ ſunt vel definitiones, quas jam conſtat eſſe poſſibiles, vel propoſitiones aliæ identicæ.

§. 46. Equidem demonſtratu haud difficile foret, (*) genuinam demonſtrationem, quæ convictionem plenariam pariat, fieri non poſſe, niſi cogitationes noſtræ juxta regulas ſyllogiſticas dirigantur; his tamen ambagibus in præſenti opus non eſt. Cum enim de quæſtione facti diſputemus; exempla allegaſſe ſufficit. Scilicet non ignotum eſt, *Clavium* demonſtrationem propoſitionis primæ elementi primi *Euclidis* in ſyllogiſmos reſolviſſe: immo *Herlinum* atque *Daſipodium* ſex priora elementa *Euclidis* & *Heniſchium* integram Arithmeticam per ſyllogiſmos in forma exhibitos demonſtraſſe.

§. 47. Equidem non ignoro, eſſe hac noſtra præſertim ætate non paucos, qui ſibi perſuadent, demonſtrationum mathematicarum formam a legibus ſyllogiſmorum abhorrere, multo minus concedere, illas vim omnem ad convincendum ab his unice habere; ſed nec me latet, contrarium videri Viris non modo præclara judicii vi pollentibus, ſed & attentione magis ſevera utentibus: quorum autoritas me permovit, ut eam in rem penitius inquirerem & ſic præjudicium ex præcipitantia in judicando ortum cognoſcerem. Fatetur certe *Leibnitius* (**), vir in Matheſi & omni eruditione reliqua ſummus, *firmam eſſe demonſtrationem, quæ præſcriptam a Logica formam ſervat*. Similiter *Johannes Walliſius*, Mathematicus profundus, (***) agnoſcit, *id, quod in Matheſi proponitur probandum, ſyllogiſmi unius pluriumve ope deduci*. Immo ingenioſiſſimus etiam *Hugenius* (****) obſervavit, *paralogiſmos in Matheſi ſæpius vitia formæ exiſtere*. Verum enimvero ne autoritatibus magis, quam rationibus (*****) pugnare videar (quanquam in hoc argumento maximum pondus habeat tantorum virorum autoritas); fontes præjudicii vulgaris retegere libet. Quamdiu ſcilicet in Matheſi verſamur,

(*) Oſtendimus id in Logica §. 551. & ſeqq. (**) Acta Erudit. A. 1684. p. 541. conf. Eſſais de Theodicée p. 37. 40. 41. 73. (***) Operum Mathem. Vol. 3. f. 180. hoc eſt Logic. lib. 3. c. 22. (****) Acta Erudit. A. 1711. p. 477. (*****) Vide eas in Logica §. 551. & ſeqq.

Digitized by Google

ſamur, figuris & characteribus in ratiocinando juvamur, ex quarum inſpectione non minus, quam ex aliarum propoſitionum citatione multæ præmiſſæ ſyllogiſmorum ſupplentur: ad quod ſi non ſatis attendatur, quam ſancte in demonſtrationibus mathematicis leges ſyllogiſmorum cuſtodiantur non apparet.

§. 48. *Problemata* facienda proponunt & tribus partibus conſtant, *Propoſitione* ſcilicet, *Reſolutione* ac *Demonſtratione*. In propoſitione, quid fieri debeat, indicatur. In reſolutione ſinguli actus ordine decenti recenſentur, quibus efficitur, quod erat faciendum. Denique in demonſtratione evincitur, factis iis, quæ reſolutio præcipit, effectum intentum obtineri. Quoties itaque problema demonſtrandum, in theorema convertitur, cujus hypotheſin reſolutio, theſin vero propoſitio conſtituit. Generalis enim omnium problematum demonſtrandorum (ut jam innuimus) tenor hic eſt: Factis iis, quæ reſolutio præcipit, illud quoque efficitur, quod erat faciendum. Quare non opus eſt, ut de problematibus plura dicantur.

§. 49. Rationes ſubinde non deſunt, cur ad caſus ſpeciales applicentur propoſitiones generales, & ex quibusdam propoſitiones ſæpe alias prona conſequentia deducere licet. Quæ utroque modo eruuntur propoſitiones *Corollaria* nuncupantur.

§. 50. Primum corollariorum genus demonſtratione non indiget. Quod enim in genere de omnibus in univerſum caſibus demonſtratum fuit, de hoc vel iſto in ſpecie ut denuo demonſtretur opus non eſt. E. gr. ubi de omnibus triangulis oſtenſum, tres angulos eorum una ſumtos duobus rectis æquari; idem in ſpecie de triangulis rectangulis confirmari haud debet. Aſt alterum corollariorum genus demonſtrationem requirit. Quotiescunque nimirum ex aliis propoſitionibus aliquid infertur, ratio illationis indicanda. E. gr. Si theoremati, cujus modo mentionem feci, hoc corollarium ſubjungatur; *in triangulo rectangulo unus ſaltem actu rectus eſſe poteſt*: ratio illationis non negligenda, quod ſcilicet, poſitis duobus actu rectis, tertius nihilo æqualis foret.

§. 51. In *Scholiis* denique tam definitionibus, quam propoſitionibus earumque corollariis ſubjungi ſolitis, obſcura declarantur, ad dubia reſpondetur, uſus doctrinarum indicatur, hiſtoria ac fontes inven-

inventionum deſcribuntur, &, ſi qua alia ſcitu nec injucanda, nec inutilia occurrunt, inſeruntur.

§. 52. Explicatam hactenus methodum qui probe perpendit, ejus univerſalitatem haud dubie agnoſcet nec diffitebitur, ſine ea ad ſolidam rerum cognitionem perveniri haud quaquam poſſe. Dicitur vero *Methodus mathematica*, immo ſæpius *Geometrarum methodus*, quia huc usque Mathematici fere ſoli, in Geometria inprimis, ejus leges ſancte cuſtodiverunt. Quanquam enim non defuerint, qui eandem aliis diſciplinis applicare ſtuduerunt; conatui tamen ipſorum eventus minime reſpondit. Etenim nunc notiones non ſatis evolverunt, nunc ſine probatione aſſumſerunt, quæ maxime probari debebant, nunc per ſaltum ratiocinati ſunt, inferentes nimirum, quæ nullo argumento inferri poſſunt.

§. 53. Explicatæ methodi legibus cum ex aſſe ſatisfiat in Matheſi præſertim pura, non ex vano prædicatur, quod Mathemata judicium acuant, hoc eſt, quod eorum cultores promptitudinem acquirant veritatem quamlibet, ad quam cognoſcendam animum appellunt, accuratius, quam alii ſolent, dijudicandi. Exercitio enim comparatur judicandi etiam ac ratiocinandi habitus, qualē demonſtrationum mathematicarum meditatio cenſeri debet.

§. 54. Fructus igitur, quem ex ſtudio Matheſeos maximum percipere licet, participes non fiunt, quotquot praxes quasdam mathematicas aliasque parum mathematici habentes, vulgo tamen ad eandem referri ſolitas, addiſcunt. Licet enim in vita communi utiles exiſtant; neminem tamen judicii acumine ac inveniendi habitu beant, quia *per* §. *præc.* hæc non niſi a ſeria demonſtrationum meditatione expectare licet.

§. 55. Supereſt ut ad objectiones duas reſpondeam, quas contra methodum Geometrarum nonnulli afferre ſolent, præſertim cum ſatis prævideam non defuturos, qui easdem contra Elementa mea Matheſeos urgebunt. Nempe vitio vertitur Geometris, 1. *quod multa definiant, quæ definitione non habent opus, & quod multa probent, quæ probatione non indigent:* 2. *quod ordinem, quo generaliora & ſimpliciora ſpecialibus & compoſitis præponi neceſſe eſt, negligant, nec ad unum argumentum pertinentia uno loco abſolvant.*

§. 56. Objectioni primæ ut ſatis-

tisfiat, explicandum eſt, quando definitiones ſint ſuperfluæ & quales eſſe debeant propoſitiones, ut probatione non indigeant: id quod ex fine definitionum atque indole demonſtrationum redditur manifeſtum. Definitiones nimirum hunc habent uſum, ut vel ſubſequentibus aliis intelligendis inſerviant, vel principia demonſtrandi præbeant. Oſtendant igitur adverſarii, *Euclidem* aut Geometram alium ullam dediſſe definitionem, qua nec ad ſubſequentes explicandas, nec in propoſitionibus demonſtrandis utuntur. Quamdiu vero exempla iſtiusmodi in medium afferre nequeunt, Geometras reprehendere deſinant, quod nimii ſint in definiendo, & ſuum potius errorem agnoſcant, quod definitionibus non alium tribuant uſum, niſi qui in rebus definitis agnoſcendis & ab aliis diſtinguendis conſiſtit. Diximus porro ſuperius, præmiſſas ſyllogiſmorum tamdiu continuandas eſſe, donec ad definitiones, quas jam conſtat eſſe poſſibiles, & propoſitiones identicas perveniatur. Sine ratione itaque non admittuntur niſi propoſitiones identicæ ac experientiæ claræ, in quibus notiones primæ fundantur. Reliquæ propoſitiones omnes ſunt demonſtrandæ. Oſtendant igitur adverſarii, *Euclidem* aut Geometram alium propoſitiones identicas & notiones in experientiis claris fundatas demonſtraſſe. Quamdiu vero hujusmodi exemplum nullum in medium afferre valent; Geometras reprehendere deſinant, quod probent, quæ probatione non indigere ipſis videntur, & potius diſcant, quod in demonſtrando nunquam nimis accurati eſſe poſſimus, præſertim ubi extra Matheſin verſamur, nec ut ibi figuris ac characteribus in ratiocinando juvamur.

§. 57. Quoniam igitur rigor in demonſtrando laudi ducitur Geometris (§. 56.); nec ordo jure taxatur, quo ſine in demonſtrando accurati eſſe nequimus. Eo nimirum ordine ſingula proponenda ſunt, quo unum ex altero facilius infertur. Quare cum ſatis experiamur, id fieri minime poſſe, ſi in unum cumulum congerantur, quæ de ſubjecto eodem cognoſci poſſunt; *ordo ſcholæ* Philoſophis vulgaribus relinquendus & a Geometris aliisque, quibus res profundius meditari datum eſt, *ordo naturæ* retinendus.

FINIS.

ELEMENTA ARITHMETICÆ.

Digitized by Google

PRÆFATIO.

NOn dubito fore aliquos, qui mirabuntur, quod elementa Matheſeos univerſæ conſcribens MATHESIN UNIVERSALEM prætermittam. Enimvero quam perperam nonnulli Matheſin univerſalem appellant, eam ego ab Arithmetica diverſam non agnoſco. Quantitates enim, quarum affectiones & relationes in ea conſiderant, pro numeris indeterminatis habeo: quæ etiam ratio eſt, cur non aliæ ipſarum, quam numerorum ſint affectiones ac relationes. Ea igitur, quæ in Matheſi univerſali vulgo tractari ſolent, ego in Arithmetica pertracto: quo rationum potiſſimum doctrina ſpectat. Calculum tamen numerorum indeterminatorum, quem LITTERALEM appellare ſolent, non integrum trado, quia in demonſtrationibus arithmeticis & geometricis integro opus non habeo. Plenior adeo explicatio ANALYSI reſervatur. Nec rationum doctrinam ope calculi hujus ſolius demonſtro, quia cum rigore demonſtrandi, quem mihi obſervandum propoſui, ea demonſtrandi ratio non ſubſiſtit, utpote in qua multa communiter ſine probatione aſſumuntur, quæ & a veteribus demonſtrata, nec mihi ſine probatione concedi poſſe viſa ſunt, ubi ſolidam doctrinam cordi habueris. Veram autem MATHESIN UNIVERSALEM in deſideratorum numero colloco, eam nempe, quæ leges metiendi generales & ad omnium rerum quantitatem determinan-

Digitized by Google

dam menſuras convenientes præſcribit: nec repertu adeo facilem judico. Cæterum quæ commodius ope calculi litteralis eruuntur, nec ad communis Geometriæ elementa intelligenda neceſſaria ſunt; ea ad Analyſin rejeci. Tyrones ſub initium praxes arithmeticas ſolas cum definitionibus ſibi familiares reddere debent, theorematibus problematumque demonſtrationibus omiſſis. In calculo exercitati theoremata ad multa exempla numerica applicent, ut non modo eorum ſenſum clare perſpiciant, ſed eadem quoque memoriæ firmiter infigant, quo in promptu ſint, quoties iis vel ad demonſtrandum, vel ad inveniendum opus eſt. Iis intellectis problematum demonſtrationes expendere, ac his perceptis inoffenſo pede ad theorematum demonſtrationes progredi licebit. Abſit autem, ut quis arbitretur, omnibus calcandam eſſe hanc ſemitam. Quorum enim eſt major mentis acies, congenita vel aliis ſtudiis acquiſita, & facilius conſervatur attentio; illi elementa integra eo ordine perlegere poſſunt, quo conſcripta ſunt. Uſus Arithmeticæ per diſciplinas reliquas omnes ſe diffundit. Ea igitur reliquis omnibus præmittenda fuit & ante eas cum cura addiſcenda eſt. Quantus Arithmeticæ in vita civili uſus ſit, experientia loquitur: quantus in Phyſicis & aliis Philoſophiæ partibus, experientur quotquot Matheſi abſoluta ſolidam extra eam doctrinam quærere allaborabunt. Quantum denique in perficiendo intellectu poſſit, in ipſa pertractatione hinc inde annotavimus, &, ſi quis culturam convenientem ſtudio Arithmetico non negaverit, experientia optima erit Magiſtra.

ELE-

ELEMENTA ARITHMETICÆ.
CAPUT I.
De PRINCIPIIS ARITHMETICÆ.

DEFINITIO 1.

1. *Arithmetica* eſt numerorum ſcientia. Pars ejus *practica* eſt ſcientia computandi, hoc eſt, ex quibusdam numeris datis inveniendi alios, quorum ad cognitos relatio datur; ut ſi fuerit inveniendus numerus, qui duobus 6. & 8. junctim ſumtis æqualis eſt.

SCHOLION.

2. *Patet adeo, Arithmeticam practicam eſſe methodum inveniendi ſpecialem. Ab ea igitur, ſi rite meditemur, regulas inveniendi generales abſtrahere licet. Particularis enim methodus in applicatione regularum generalium conſiſtit. Dederunt aliqua huc ſpectantia* Carteſius *cum in Tractatu de methodo, tum in iis, quæ de ingenii directione inter poſthuma habentur, &* R. P. Malebranchius *in egregio opere de inquirenda veritate. Plura, quamvis paucis, nos damus infra* (§. 125.).

DEFINITIO 2.

3. *Unum* eſt, quod ita eſt aliquid, ut aliud præterea idem eſſe nequeat. Illuſtris *Leibnitius* unum ſic definit: Si A ſit B, nec præterea D ponatur B, niſi A & D idem ſint, ponetur B unum.

DEFINITIO 3.

4. *Unitas* eſt abſtractum, per quod dicimus unum.

DEFINITIO 4.

5. *Unitates eædem* ſunt, quæ per eandem notionem agnoſcuntur: *diverſæ* ſunt, quæ agnoſcuntur per diverſas.

SCHOLION.

6. *Ponamus e. gr. A eſſe globum lapideum, B ſimiliter eſſe globum lapideum alium: erunt A & B unitates eædem; Sed ſi A fuerit globus lapideus, C plumbeus: erunt A & C unitates diverſæ. Quodſi A, B & C tantum ut globos conſideres, erit etiam C eadem unitas cum A & B.*

DEFINITIO 5.

7. Si A ſit unum, B ſit unum, C ſit unum, D ſit unum &c. nec tamen B, C, D &c. ſint idem cum A; erunt A, B, C, D &c. *Plura* ſeu *Multa*.

DEFINITIO 6.

8. *Multitudo* eſt abſtractum, per quod dicuntur plura.

DEFINITIO 7.

9. Si A ſit idem cum B, C & D ſimul ſumtis, dicetur A *Totum*; B vero C & D dicentur ejus *Partes*,

tes, & intuitu partis B reliquas C & D &c. *Complementum ad Totum* vocabimus.

DEFINITIO 8.

10. Quicquid refertur ad unitatem ut linea recta ad aliam rectam, *Numerus* dicitur.

SCHOLION 1.

11. *Nempe ſi pro unitate linea recta ſumatur; numerus quoque exprimi poteſt per rectam: id quod infra in Geometria & Analyſi abunde patebit.*

SCHOLION 2.

12. *Numerus autem adeo generaliter definiendus, ut ſub eadem definitione numeros cum integros, tum fractos, tam rationales, quam irrationales comprehendere valeamus.*

DEFINITIO 9.

13. *Numerus determinatus* eſt, qui refertur ad unitatem datam, ut ternarius. *Indeterminatus* eſt, qui refertur ad unitatem vagam, diciturque *Quantitas.*

SCHOLION.

14. *In quantitatum numerum refertur latitudo fluvii. Quodſi quaeſiveris, quanta ea ſit; quantitatem concepturus unitatem quandam ad arbitrium aſſumit & illius ad hanc relationem quaerit, ac pro diverſa unitate aſſumta per diverſum numerum determinatum latitudinem fluvii enunciat. Latitudo igitur fluvii inter quantitates collocatur, quatenus refertur ad unitatem vagam: qua determinata, per numerum determinatum diſtincte intelligitur.*

DEFINITIO 10.

15. *Aequalia* ſunt, quorum unum alteri ſalva quantitate ſubſtitui poteſt. *Inaequalia* ſunt, ſi pars unius alteri toti ſubſtitui poteſt.

COROLLARIUM 1.

16. Quoniam pars unius inaequalium alteri toti ſubſtitui poteſt, quod vero alteri, ſalva nempe quantitate, ſubſtitui poteſt, alteri aequale eſt (§. 15.); pars unius inaequalium alteri toti aequalis eſt.

COROLLARIUM 2.

17. Similiter cum unum inaequalium pro alterius parte ſubſtitui poſſit (§. 15.); erit idem alterius parti aequale.

HYPOTHESIS 1.

18. *Signum aequalitatis eſt* $=$.

SCHOLION.

19. *Hoc ſigno primus uſus eſt* Hariotus, *Anglus* (a), *& hodie plerique eodem utuntur. Nonnulli cum* Carteſio *adhibent Signum ſequens* ∝; *quidam etiam alia. Apud Autores* Harioto *antiquiores nullum aequalitatis ſignum occurrit.*

DEFINITIO 11.

20. *Majus* eſt, cujus pars alteri toti aequalis eſt: *Minus* vero, quod parti alterius aequale.

COROLLARIUM.

21. Cum pars unius inaequalium A alteri toti B aequalis ſit (§. 16.) & viciſſim B aequale parti ipſius A (§. 17.); in

(a) In Artis Analyticae praxi Sect. 1. ſ. 10.

Digitized by Google

inæqualium unum A majus, alterum B minus eſt (§. 20.).

HYPOTHESIS 2.

22. *Signum majoritatis eſt* > ; *minoritatis* < .

SCHOLION.

23. *Signis his itidem primus uſus eſt* Hariotus (b). *Eum ſecuti celeberrimus* Wallisius (c) & R. P. Lamy (d). *Aliis alia placent: pleriſque nulla ſunt.*

DEFINITIO 12.

24. *Similia* ſunt, in quibus ea eadem ſunt, per quæ a ſe invicem diſcerni debebant. *Diſſimilia* ſunt, in quibus ea diverſa ſunt, per quæ a ſe invicem diſcerni debent. Atque adeo *Similitudo* eſt identitas; *Diſſimilitudo* diverſitas eorum, per quæ res a ſe invicem diſcerni debent.

COROLLARIUM 1.

25. Nihil ergo in uno Similium deprehenditur, quod non æque deprehendatur in altero, modo ſit iſtiusmodi ut ſine alio aſſumto intelligi poſſit.

COROLLARIUM 2.

26. Cum quantitas ſine alio aſſumto per ſe non intelligi, ſed tantum dari poſſit (§. 13, 14.); Similia, ſalva ſimilitudine, quantitate differre poſſunt (§. 25.) atque adeo quantitas eſt diſcrimen internum ſimilium.

SCHOLION.

27. *Similitudinis notionem diſtinctam primus eruit* Leibnitius. *Dixit nempe* ſimilia, quæ non poſſunt diſtingui, niſi per compræſentiam. *Quoniam vero terminus* compræſentiæ *plerisque obſcurus videtur; aliam definitionem intellectu planiorem ſubſtituere libuit. Ceterum res* compræſentes *fiunt duplici modo, nimirum vel immediate unum alteri, vel utrique idem aliquod tertium applicando: id quod intellectu facilius evadet, ſi in exemplum aliquod aciem ingenii intendamus. Ponamus itaque duo horologia portatilia prorſus inter ſe ſimilia eſſe. Illorum unum poſſideat* Grachus; *alterum* Cajus. *Quodſi* Cajus *in præſentia* Grachi *horologium ſuum depromat, ne is attonitus ſibi perſuadebit, horologium ſuum eſſe, quod* Cajus *manu tenet; ac diverſum a ſuo agnoſcet, ubi & ſuum depromit, hoc eſt, horologium* Caji *a ſuo diſtinguit* Grachus *per compræſentiam, unum nempe alteri immediate applicando. Sed ſi locorum vel temporum intervallum inter duo ædificia ſimilia interiectum menti una cum ipſis exhibetur; vel ſi dimenſiones templorum aut ſtatuarum ſimilium ad ſtaturam noſtram aut menſuram datam aliam referimus; ſimilia animo compræſentia ſiſtuntur idem tertium utrique eorum applicando.*

HYPOTHESIS 3.

28. *Signum ſimilitudinis eſt* ∽ .

SCHOLION.

29. *Commendatur in Miſcellaneis Berolinenſibus* (e). *Communiter nullo utuntur.*

(b) Loc. cit. (c) Vide Arith. c. 35. f. 156. Vol. 1. Oper. Mathem. (d) Elementis Geometriæ lib. 3. ſect. 5. p. 177. edit. Par. 1710. (e) Part. 3. p. 159.

DEFINITIO 13.

30. *Pars aliquota eſt*, quæ aliquoties repetita integro fit æqualis. *Pars* vero *aliquanta* eſt, quæ repetita aliquoties ſemper vel major, vel minor eſt toto.

DEFINITIO 14.

31. *Commenſurabilia* ſunt, quæ partem aliquotam communem habent, vel quorum unum eſt pars aliquota alterius. *Incommenſurabilia* ſunt, quorum nulla datur pars aliquota communis.

DEFINITIO 15.

32. *Quantitates homogeneæ* ſunt, quarum una aliquoties ſumta alteram ſuperare poteſt, ſeu quarum una ab altera vel ſemel, vel aliquoties ablata tandem vel nihil, vel ſe minus relinquit. *Heterogeneæ* vero ſunt, quarum una aliquoties ſumta alteram ſuperare nequit.

DEFINITIO 16.

33. *Numerus numerans* eſt, cujus unitas denotat ens in genere: *Numerus* vero *numeratus* eſt, cujus unitas denotat certam quandam entis ſpeciem, vel genus quoddam determinatum.

SCHOLION.

34. E. gr. *Si quis ſimpliciter dicat*, ſex; *is non determinat, quænam ſint illa entia, quæ numerantur, adeoque utitur* numero numerante. *Contra ſi quis dixerit cum addito*, ſex globi aurei; *is ſpeciem entium determinat, quæ numerat, adeoque utitur* numero numerato. *Vocant nonnulli numerum numerantem* abſtractum; *numeratum vero* concretum.

DEFINITIO 17.

35. *Numeri inter ſe homogenei* ſunt, qui ad eandem; *heterogenei*, qui ad diverſas unitates referuntur.

SCHOLION.

36. *Hac diviſio numerum numeratum potiſſimum reſpicit. Omnis nempe numerus determinatam quandam unitatem ſupponit* (§. 10.). *Determinatur ea per notionem, ad quam in numerando reſpicimus* (§. 5.). *E. gr. ea globi proprietas eſt, qua ab aliis corporibus diſtinguitur, quod ſingula puncta ſuperficiei a centro æqualiter diſtent. Quodſi igitur hanc unitatis notam conſtituas; ſingula corpora, quibus eadem convenit, unitatis naturam induunt, ſuntque unitates eadem, quatenus ſub hac notione continentur* (§. cit.). *Quodſi vero globos porro diſtinguas e. gr. per materiam, ex qua conſtant, & alios ut aureos, alios ut plumbeos ſpectes; quæ antea eadem erant unitates, nunc diverſæ evadunt. Hinc tres globi aurei & ſex globi aurei ſunt numeri homogenei inter ſe; ſed tres aurei & ſex argentei ſunt inter ſe heterogenei.*

DEFINITIO 18.

37. *Numerus integer* eſt, qui refertur ad unitatem tanquam totum ad partem.

DEFI-

DEFINITIO 19.

38. *Numerus fractus* eſt, qui refertur ad unitatem tanquam pars ad totum. Dicitur is etiam *Fractio*, itemque *Minutia*.

DEFINITIO 20.

39. *Numerus rationalis* eſt, qui unitati commenſurabilis. Vocatur etiam *effabilis*.

DEFINITIO 21.

40. *Numerus rationalis integer* eſt, cujus pars aliquota eſt unitas.

DEFINITIO 22.

41. *Numerus rationalis fractus* eſt, qui unitatis parti aliquotæ aut aliquot partibus aliquotis æqualis eſt.

DEFINITIO 23.

42, *Numerus rationalis mixtus* eſt, qui conſtat ex integro & fracto, ſeu ex unitate & fracto.

DEFINITIO 24.

43. *Numerus irrationalis ſive ſurdus* eſt, qui unitati incommenſurabilis. Vocatur etiam *ineffabilis*, item *geometricus*.

HYPOTHESIS 4.

44. *Si in numerando ad denarium pervenitur, initium numerandi repetatur, niſi quod denariorum numerus una exprimatur.*

COROLLARIUM.

45. Decem ergo nominibus opus eſt ad decem numeros rationales primos indigitandos & præterea aliis, quibus decadum multitudo denotetur & ita porro.

SCHOLION.

46. *Lex numerandi, quam in hypotheſi tradimus, ubivis (quantum conſtat) gentium recepta, & cum a prima ætate eidem adſueverimus, indiſpenſabilis neceſſitatis videtur. Enimvero non modo* Erhardus Weigelius *in Arithmetica Tetractyca oſtendit, fieri quoque poſſe, ut in numerando non ultra quaternarium progrediamur; ſed &* Illuſtris Leibnitius (f) *Arithmeticam binariam excogitavit, nonniſi duabus notis 1 & 0 utentem ac numerorum proprietatibus inveſtigandis aptam: cujus aliquod ſpecimen dedit* Cl. Dangicourt *circa progreſſiones arithmeticas* (g). *Nimirum quoniam Arithmetica Dyadica duabus tantum notis utitur, leges progreſſionum numerorum dyadice expreſſorum facillime omnium deteguntur. Et* Carolus XII, *Rex Sueciæ, calculum ſexagenarium excogitavit, referente* Emanuele Suedenborgio (h), *novis characteribus & numeris noviſque denominationibus adinventis. Arithmetica autem decadica, qua vulgo utimur, denario digitorum numero procul dubio originem debet; digitis enim in computando utimur,*

(f) Hiſtoire de l'Academie Royale des Sciences An. 1703. p. m. 175. & ſeqq.
(g) In Miſcellaneis Berolinenſ. p. 336. & ſeqq. (h) Obſervat. miſcellan. part. 4. p. 1. & ſeqq.

mur, quamdiu in computo nondum ſatis verſati.

DEFINITIO 25.

47. Decem illa nomina, quibus in numerando utimur, ſunt: *unum, duo, tria, quatuor, quinque, ſex, ſeptem, octo, novem, decem.* Iidem numeri generali *Unitatum* nomine inſigniri ſolent, nec opus eſt ut definiantur. Dicuntur etjam *Digiti.* Ex decem unitatibus componitur una *Decas.* Duæ decades dicuntur *viginti;* tres *Triginta;* quatuor *Quadraginta;* quinque *Quinquaginta;* ſex *Sexaginta;* ſeptem *Septuaginta;* octo *Octoginta;* novem *Nonaginta.* Ex decem decadibus componitur *Centenarius*; ex decem centenariis *Millenarius;* ex mille millenariis millionum *Billio;* ex mille millenariis billionum *Trillio* &c. Denarius ejusque quævis multipla dicentur *Articuli.*

SCHOLION.

48. *Vocibus millionum, billionum, trillionum &c. utimur ad confuſionem in numeris magnis evitandam, quorum diſtinctis notionibus formandis inſerviunt.*

HYPOTHESIS 5.

49. *Notæ numericæ conſtituantur novem ſequentes:* 1.2.3.4.5.6.7.8.9. *Ut vero non ſolum unitates, ſed & decades, centenarios, millenarios &c. indigitare poſſimus, valor ipſis tribuatur localis, ita ut ſolitariæ vel in loco dextimo poſitæ unitates ſive digitos, in ſecundo decades, in tertio centenarios, in quarto millenarios &c. denotent. Loca vacua repleantur cyphra* 0, *quæ ſcilicet ſit* Nullitatis *nota.*

COROLLARIUM 1.

50. Numerorum igitur partes hoc ordine ſe invicem excipiunt;

Unitates Decades Centenarii	Simplices.
Unitates Decades Centenarii	Millenariorum.
Unitates Decades Centenarii	Millionum.
Unitates Decades Centenarii	Millenariorum Millionum.
Unitates Decades Centenarii	Billionum.
Unitates Decades Centenarii	Millenariorum Billionum.
Unitates Decades Centenarii	Trillionum.
Unitates Decades Centenarii	Millenariorum Trillionum &c.

SCHOLION 1.

51. *Characterum arithmeticorum electio arbitraria. Hinc apud varias gentes varii occurrunt; ut inter alios docent*

Digitized by Google

docent Georgius Heniſchius *in libello de numeratione multiplici, vetere & recenti, atque* Guil. Beveregius *in Arithmetica chronologica libro primo integro. Non tamen omnes æque commodi. Seligendi adeo ſunt, per quos numerus quantumvis magnus facillime exprimi & computus optime abſolvi poteſt. Quod autem notæ nunc uſitatæ reliquis præſtent, has cum illis conferentes experiuntur. Dicuntur ſubinde cyphræ, quamvis uſitatius ſit, ut hoc nomen ſoli notæ nullitatis imponatur: quem morem nos ſequimur. Ab Arabibus inventæ vulgo feruntur. Sed docuit celeberrimus* Walliſius (i), *quod* Alſepadi *Arabs in Commentario ad* Tograi *poema* Lamiat 'o l Ajam *dictum, inventionis gloriam Indis tribuat. Idem refert* (k), *quod Saraceni eas in Hiſpaniam attulerint, & quod ex Hiſpania in Galliam pervenerint ſtudio* Gerberti, *monachi Floriacenſis in Gallia, qui a variis dignitatibus eccleſiaſticis tandem ad Pontificatum maximum nomine* Sylveſtri II. *circa* A. C. *999. evectus, ex ipſis ejus epiſtolis A. 1636. Pariſiis recuſis probat.* Joannes Fridericus Weidlerus, *Mathematum apud Wittebergenſes Profeſſor clariſſimus,* (l) *ex MSC.* Boëthii *de Geometria, quod in Bibliotheca Academia Altorfina aſſervatur, & in quo Noſter characteres numerorum arabicis ſimiles expreſſos vidit, probare nititur, eos jam* Boëthio *fuiſſe cognitos, quem* A. C. *524. vitam finiiſſe conſtat.* Walliſius (m) *non ignoravit, in* Boëthii, Bedæ *aliorumque antiquiorum editionibus figuras iſtiusmodi comparere; ſed id in vetuſtioribus MSC. contigiſſe negat. Quamobrem cum* Weidlerus *MSC. cujus autoritate nititur, ſeculo quarto non junius exiſtimet; criticorum eſt ſtatuere, num tanta illius antiquitas admittenda ſit.*

SCHOLION 2.

52. *Ex collatione diverſarum figurarum numeralium diſcant velim, qui artem inveniendi cordi habent, quantum momenti in eo ſitum ſit, ut ars characteriſtica perficiatur.*

COROLLARIUM 2.

53. Quodſi notis numericis ſubſtituantur litteræ ad arbitrium electæ iisque idem tribuatur valor, qui illis tribui ſolet (§. 49.); numerum occulte ſcribere licet.

SCHOLION 3.

54. E. gr. *Denotent litteræ infra ſcriptæ in ſecunda ſerie eosdem numeros, quos deſignant notæ ſuperiores ſupra ſcriptæ in prima,*

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 0.
p. s. a. c. e. h. o. i. n. g.

erit 3748 = aoci. *Hoc artificio utuntur mercatores ad deſignanda mercium pretia in ſchedulis affixis.*

PROBLEMA 1.

55. *Numerum ſcriptum enunciare, hoc eſt, cuilibet characteri valorem competentem aſſignare.*

(i) Arithmet. Oper. c. 9. f. 48. Vol. I. Oper. Math. (k) in Tract. de Algebr. c. 4. f. 11. & ſeqq. Vol. II. Oper. Mathem. (l) in Diſſertatione de characteribus numerorum vulgaribus & eorum ætatibus A. 1727. publice ventilata §. 1. & ſeqq. p. 17. & ſeqq. (m) in Tract. de Algebr. loc. cit.

RESOLUTIO.

1. Numerus propoſitus per commata dividatur in claſſes, tres notas unicuique aſſignando, initio a dextris facto.
2. Nota dextima claſſis tertiæ notetur lineola transverſa apici adſcribenda; dextima claſſis quintæ duabus; dextima ſeptimæ tribus &c.
3. Comma ſolitarium per millenarios, lineola transverſa una per milliones, duæ per billiones, tres per trilliones, &c. nota vero ſiniſtima claſſis uniuscujusque per centenarios, media per decades, dextima per unitates enuncietur (§. 50.). *Sic factum eſt, quod petebatur.*

E. gr. Numerus ſequens

2‴, 125, 473″, 613, 578′, 432, 597

ita enunciatur: Duæ trilliones, centum & viginti quinque millia billionum una cum quadringentis ſeptuaginta tribus billionibus, ſexcenta & tredecim millia millionum una cum quingentis ſeptuaginta octo millionibus, quadringenta & triginta duo millia, quingenta & nonaginta ſeptem.

SCHOLION.

56. *Quantum conveniens terminorum uſus in rebus diſtincte concipiendis, ſeu ex confuſione extricandis vires intellectus humani extendat; abunde perſpicient oculatiores, ſi ad præſens problema fuerint ſatis attenti.*

HYPOTHESIS 6.

57. *Quantitates aut numeros indeterminatos litteris Alphabeti minoribus a, b, c &c. vel etiam majoribus A, B, C &c. indigitamus.*

SCHOLION.

58. *Litteris majoribus uſus eſt* Vieta (n): *minores introduxit* Hariotus (o), *quem mox imitatus eſt* Carteſius (p) *& nunc ſequuntur plerumque omnes.*

HYPOTHESIS 7.

59. *Fractiones per duos numeros exprimuntur, quorum alter alteri interjecta lineola ſubſcribitur. Eorum inferior, ſeu* Denominator, *indicat unitatem ſeu totum in partes diviſum; ſuperior vero, ſeu* Numerator, *numerat partes in caſu propoſito datas.* E. gr. Duæ partes tertiæ unius lineæ ita ſcribuntur $\frac{2}{3}$: ubi denominator 3 indicat, lineam eſſe in tres partes æquales diviſam; numerator 2 vero duas iſtiusmodi partes asſignat.

SCHOLION.

60. *Neque vero mirentur tyrones, quod in numeris fractis numeratori denominator ſubſcribatur, qualis in integris non occurrit. Additur enim, ut appareat, quamnam partem aliquotam cum*

(n) In variis ſcriptis Analyticis, quæ inter Opera ejus habentur. (o) in Artis Analyticæ praxi. (p) in Geometria.

cum unitate communem habeat fractus (§. 41.).

DEFINITIO 26.

61. *Additio* eſt inventio alicujus numeri ex duobus vel pluribus homogeneis datis, qui datis junctim ſumtis æqualis eſt. Numeri dati dicuntur *ſummandi*; quæſitus autem *ſumma* vel *aggregatum*.

COROLLARIUM.

62. Iterata ergo ejusdem numeri additio eſt inventio numeri alteri cuidam aliquoties ſumto æqualis & contra.

HYPOTHESIS 8.

63. *Signum additionis eſt* +, *quod per* plus *efferri ſolet*. Ita 3 + 4 denotat Summam ex 3 atque 4, & pronunciatur: 3 plus 4.

DEFINITIO 27.

64. *Subtractio* eſt inventio alicujus numeri ex duobus homogeneis datis, qui cum uno datorum alteri æqualis eſt. Numerus, qui ſubducitur, dicitur *Subtrahendus*; alter, a quo ſubtractio fit, *Minuendus*; qui denique invenitur, *Differentia*, a nonnullis *Reſiduum*.

HYPOTHESIS 9.

65. *Signum ſubtractionis eſt* —, *quod* per minus *efferri ſolet*. E. gr. 7—3 denotat differentiam inter 3 & 7, pronunciatur: 7 minus 3.

DEFINITIO 28.

66. *Multiplicatio* eſt inventio alicujus numeri ex duobus datis, in quo toties continetur datorum unus, quoties unitas in altero. Numeri dati dicuntur *Factores*, item *Efficientes*; quæſitus *Factum*, item *Productum*. In ſpecie factorum alter, qui aliquoties ſumitur, vocatur *Multiplicandus*; alter vero, qui indicat, quoties ille ſumatur, *Multiplicator*.

COROLLARIUM.

67. Quoniam itaque in multiplicatione numerus invenitur alteri cuidam aliquoties ſumto æqualis (§. 66.), iſtiusmodi autem inventio non eſt niſi iterata additio (§. 62.); multiplicatio eſt iterata ejusdem numeri additio.

HYPOTHESIS 10.

68. *Signum multiplicationis eſt punctum unicum* (.) *inter factores duos medio loco poſitum, quod per* multiplicatum *effertur*. E. gr. 4.3. denotat factum ex 4 in 3; item 7.5.9, factum, cujus factores ſunt 7, 5 & 9. *Litteræ ſine ullo ſigno junguntur*. E. gr. *ab*. denotat factum ex *a* in *b*; *b c d* factum, cujus factores *b*, *c* & *d*.

DEFINITIO 29.

69. *Diviſio* eſt inventio alicujus numeri ex duobus datis, in quo toties continetur unitas, quoties datorum unus in altero. Numerus

merus, qui dividi debet, *dividendus;* alter, per quem fit diviſio, *diviſor;* qui denique indicat, quoties diviſor in dividendo contineatur, *Quotus* dicitur.

SCHOLION.

70. *In multiplicatione & diviſione opus non eſt, ut numeri dati ſint homogenei, quemadmodum in additione & ſubtractione requirebatur (§. 59. 62.). Cum enim in additione ex duobus vel pluribus numeris componatur unus tanquam ex partibus totum (§. 59. 9); omnes omnino ſummandi ad eandem unitatem referri (§. 10.), conſequenter homogenei inter ſe eſſe debent (§. 35.). Quoniam vero porro liquet, ſummam, quæ fit ex numeris aggregandis, ad eandem cum ipſis unitatem referri, conſequenter iisdem homogeneam eſſe (§. cit.); in ſubtractione vero numerus minuendus reſpondet ſummæ, ſubtrahendus & reſiduus aggregandis ſeu ſummandis (§. 59. 62.): ulterius patet, in ſubtractione etiam minuendum, ſubtrahendum & reſiduum numeros inter ſe homogeneos eſſe debere. In multiplicatione contra multiplicator ad unitatem exprimit rationem, quam habet factum ad multiplicandum, ſicut in diviſione diviſor ad unitatem rationem dividendi ad quotum, adeoque opus non eſt, ut multiplicator multiplicando & facto, diviſor dividendo & quoto ſit homogeneus. Quodſi diviſor conſideretur tanquam pars dividendi, ex dictis conſtat, diviſorem eſſe dividendo homogeneum: ſed tum quotus, qui indicat, quoties pars iſta ex ſuo toto auferri poteſt, nec dividendo, nec diviſori homogeneus. Singula ſuo loco clarius patebunt.*

HYPOTHESIS II.

71. *Signum diviſionis ſunt duo puncta* (:), *quæ per diviſum efferri ſolent.* E.gr. 8:4 denotat quotum ex diviſione 8 per 4 emergentem. Similiter *a* : *b* eſt quotus ex diviſione *a* per *b* prodiens.

DEFINITIO 30.

72. *Numerus par* eſt, qui bifariam ſive per 2 dividi poteſt, ut 4, 12, 16.

DEFINITIO 31.

73. *Numerus impar* eſt, qui a pari unitate differt, ut 3 differt unitate a 2, item a 4.

DEFINITIO 32.

74. Numerus A *metiri* vel juxta alios *numerare* dicitur numerum B, ſi eum ita dividit, ut quotus ſit numerus integer ſine fractione, vel ſi fuerit pars ejus aliquota. Ita 2 metitur 8 per 4.

DEFINITIO 33.

75. *Numerus primus in ſe* eſt, quem ſola unitas metitur, vel numerat, ut 5, 7, 11.

DEFINITIO 34.

76. *Numerus compoſitus* eſt, quem præter unitatem alius numerus metitur. Ita 4 metitur 8 per 2, item 2 metitur 8 per 4.

DEFI-

Digitized by Google

DEFINITIO 35.

77. *Menſura numeri* eſt numerus, qui ipſum metitur. Ita 2 & 4 ſunt menſuræ numeri 8. *Menſura maxima numeri* eſt numerus maximus, qui ipſum metitur. Ita 4 eſt menſura maxima numeri 8.

DEFINITIO 36.

78. *Menſura communis duorum pluriumve numerorum* eſt numerus, qui ſingulos ſigillatim metitur. Ita 3 eſt communis menſura numerorum 12 & 24. *Maxima* dicitur, ſi fuerit numerus maximus, qui omnes metitur. Ita 12 eſt communis menſura maxima numerorum 12 & 24, 3 vero numerorum 9 & 12.

DEFINITIO 37.

79. *Numeri primi inter ſe* ſunt, qui nullam communem menſuram habent, præter unitatem. Ita 12 & 19 ſunt numeri primi inter ſe.

DEFINITIO 38.

80. *Numeri compoſiti inter ſe* ſunt, qui præter unitatem communem menſuram aliam habent. Ita 12 & 15 ſunt compoſiti inter ſe.

AXIOMA 1.

81. *Idem eſt æquale ſibimet-ipſi.*

SCHOLION.

82. *Hujus axiomatis ampliſſimus eſt in Analyſi uſus.*

AXIOMA 2.

83. *Quantitates homogeneæ aut æquales ſunt, aut inæquales* (§. 15.).

THEOREMA 1.

84. *Totum eſt majus qualibet ſua parte.*

DEMONSTRATIO.

Cujus pars alteri toti æqualis eſt, id ipſum altero majus eſt (§. 20.). Sed qualibet pars totius parti totius, hoc eſt, ſibi ipſi æqualis eſt (§. 81.). Ergo totum qualibet ſua parte majus eſt.

SCHOLION.

85. *En exemplum Analyſeos perfectæ! Continetur enim demonſtratio ſyllogiſmo, cujus altera præmiſſa eſt definitio, altera vero propoſitio identica. Id vero Analyſeos perfectæ indicium eſt* (§. 45. de Meth.) *Ne tyrones Logicæ, qui propoſitiones oblique univerſales ignorant, nec regulæ Logicorum de tribus ſyllogiſmi terminis vim atque efficaciam percipiunt, circa formam argumentandi hæreant, ad lineas demonſtrationem applicare libet.* Sit itaque linea AB totum, linea AC ejus pars; demonſtrandum erit, lineam AB eſſe majorem linea AC: id quod fit ſequentem in modum. Cujus lineæ pars alteri lineæ toti æqualis eſt, illa linea altera major eſt (§. 20.). Sed lineæ AB pars (nempe AC) alteri lineæ AC toti (nempe ſibimet ipſi) æqualis eſt. Ergo linea AB linea AC major (nempe totum AB parte AC majus) eſt. *Q. e. d.* *Fig. a.*

E THE-

Digitized by Google

THEOREMA 2.

86. *Totum eſt æquale omnibus ſuis partibus ſimul ſumtis.*

DEMONSTRATIO.

Cum idem ſit æquale ſibimet ipſi (§. 81.); quod idem eſt cum partibus totius ſimul ſumtis, id iisdem æquale eſt. Sed totum idem eſt cum omnibus partibus ſuis ſimul ſumtis (§. 9.): ergo iisdem æquale eſt. *Q. e. d.*

THEOREMA 3.

87. *Quæ æqualia ſunt eidem tertio, vel æqualibus æqualia; ea ſunt æqualia inter ſe.*

DEMONSTRATIO.

1. Sit $A = C$ & $B = C$; dico eſſe $A = B$. Quoniam enim $B = C$ *per hypoth.* B ſalva quantitate ſubſtitui poteſt ipſi C (§. 15.). Subſtituatur adeo B ipſi C in caſu priore, ubi $A = C$: habebimus $A = B$ *Quod erat primum.*

2. Si jam porro ſit $A = B$ & præterea $C = A$, $D = B$; dico eſſe $C = D$. Quoniam enim $A = B$ & $C = A$ *per hypoth.* erit $B = C$ *per caſ. 1.* Quare cum porro ſit $D = B$ *per hypoth.* erit quoque $C = D$ *per caſ. 1. Quod erat alterum.*

THEOREMA 4.

88. *Si æqualibus (A & B) æqualia (C & D) addas, aggregata (A + C & B + D) ſunt æqualia.*

DEMONSTRATIO.

$A + C = A + C$ (§. 81.). Sed quoniam $C = D$, *per hypoth.* poterit D ſubſtitui pro C (§. 15): quo facto, habemus $A + C = A + D$. Porro $B + D = B + D$ (§. 81.). Sed $A = B$, *per hypoth.* Ergo A ſubſtitui poteſt pro B (§. 15): quo facto, habemus $B + D = A + D$. Quare $B + D = A + C$ (§. 87). *Q. e. d.*

THEOREMA 5.

89. *Quod uno æqualium majus vel minus eſt, etiam altero æqualium majus vel minus eſt.*

DEMONSTRATIO.

1. Sit $A = B$ & $C > A$, dico eſſe $C > B$. Quoniam enim $C > A$, *per hypoth.* A parti ipſius C æquale eſt (§. 20), quæ dicatur P. Porro cum ſit $A = B$. *per hypoth.* Erit etiam $P = B$ (§. 87). Ergo $C > B$ (§. 20). *quod erat unum.*

2. Sit $A = B$, & $C < A$, dico eſſe $C < B$. Quia $C < A$, *per hypoth.* parti hujus æquale eſt (§. 20), cujus complementum ad totum dicatur P. Cum adeo ſit $P + C = A$ (§. 86) & $A = B$, *per hypoth.* erit quoque $P + C = B$ (§. 87). Eſt itaque C parti ipſius B æqualis (§. 9); conſequenter $C < B$ (§. 20). *Quod erat alterum.*

THE-

Digitized by Google

THEOREMA 6.

90. *Si majori (B) & minori (A) idem (C) vel æqualia addas, aggregatum prius (B+C) majus eſt, poſterius vero (A+C) minus. Quodſi majori (B) majus (C) & minori (A) minus (D) addas, aggregatum prius (B+C) majus eſt; poſterius (A+D) minus.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam A ⊲ B, *per hypoth.* parti hujus æquale eſt (§. 20). Componitur ergo B ex A & parte alia (§. 9), quæ dicatur P, eſtque adeo B = P+A (§. 86). Quare cum etiam ſit B + C = P + A + C (§. 88.); erit A+C pars ipſius P+A + C (§. 9) & hinc P+A+C ⊳ A+C (§. 84), conſequenter B + C ⊳ A + C (§. 89.) *Quod erat unum.*

Quoniam B ⊳ A *per hypoth.* erit B + C ⊳ A + C, *per demonſtrata.* Similiter quia C ⊳ D *per hypoth.*, erit A + C ⊳ A+D *per demonſtrata.* Ergo cum A + D ſit pars ipſius A + C (§. 20.); erit multo magis B + C ⊳ A + D (§. 84). *Quod erat alterum.*

THEOREMA 7.

91. *Si æqualia (A & B) ab æqualibus (C & D) ſubtrahas, quæ relinquuntur (C−A & D−B) æqualia ſunt.*

DEMONSTRATIO.

C−A = C−A (§. 81). Sed quoniam A = B *per hypoth.* ſalva quantitate B pro A ſubſtitui poteſt (§. 15). Quodſi ergo ſubſtituatur, habemus C−A = C−B. Similiter D−B = D−B (§. 81). Sed quia C = D, *per hypoth.* ſalva quantitate C pro D ſubſtitui poteſt (§. 15). Quodſi ergo ſubſtituatur, habebimus D − B = C−B. Quamobrem C−A = D−B (§. 87).

THEOREMA 8.

92. *Si a majore (A) & minore (B) idem (C) vel æqualia ſubtrahas; reſiduum prius (A−C) majus eſt; poſterius (B−C) minus.*

DEMONSTRATIO.

Quia B ⊲ A, parti hujus æquale eſt (§. 20). Componitur ergo A ex B & parte alia (§. 9), quæ dicatur P. Itaque A = B + P. (§. 86), conſequenter A−C = P + B−C (§. 91.). Sed B−C eſt pars ipſius P + B−C (§. 9), conſequenter P + B−C ⊳ B−C (§. 84). Ergo & A−C ⊳ B−C (§. 89.). *Q. e. d.*

THEOREMA. 9.

93. *Si æqualia (A & B) per æqualia (m & n) multiplices; facta (m A & n B) æqualia ſunt.*

DEMONSTRATIO.

Quia A = B *per hypoth.* erit

 etiam

etiam A + A = B + B, ſeu in genere A + A + A + A &c. B + B + B + B &c. (88.). Jam cum multiplicatio ſit iterata ejusdem numeri additio (§. 65), ſi m & n fuerint multiplicatores, erit A + A + A + A &c. = m A (§. 64. 66). & B + B + B + B = n B (§. §. *cit.*) Quare cum in eo caſu, ubi A + A + A + A &c. = B + B + B + B &c. ſit m = n; erit etiam m A = n B (§. 87.). *Q. e. d.*

THEOREMA 10.

94. *Si æqualia (A & B) per æqualia (C & D) dividas, quoti (A : C & B : D) æquales ſunt.*

DEMONSTRATIO.

A : C = A : C (§. 81.). Sed quia A = B, *per hypoth.* ſalva quantitate B pro A ſubſtitui poteſt (§. 15). & ſic A : C = B : C. Ob eandem rationem B : D = B : C. Quare A : C = B : D (§. 87.). *Q. e. d.*

SCHOLION.

95. *Non dubito fore multos, quibus ridiculum videbitur aut minimum ſuperfluum talia demonſtrari, quorum caſus ſingulares in numeris præſertim rationalibus per ſe evidentes videntur. Ego vero has demonſtrationes maximi facio, tum quia prima & ſecunda* (id *quod ſupra §. 85. annotavimus*) Analyſeos perfectæ; *tum quia reliquæ* calculi univerſalis *ideam animo ingenerant, in talium ſubſtitutione conſiſtentis, quæ relationes datas non mutant. Illa cavetur, ne laxius in demonſtrando verſemur (id quod hactenus fecerunt plerique omnes, qui extra Matheſin demonſtrationes mathematicæ certitudinis dare conati ſunt:) hic, ſi tandem in apricum produceretur, maximum foret intellectus* humani *ſubſidium.*

CAPUT II.

De

SPECIEBUS ARITHMETICÆ IN NUMERIS INTEGRIS.

PROBLEMA 2.

96. *Numeros quotcunque datos addere.*

RESOLUTIO.

1. Numeri homogenei ſub homogeneis, hoc eſt, ita ſcribantur, ut unitates unitatibus, decades decadibus, centenarii centenariis &c. reſpondeant.
2. Sub iis ducatur linea recta, ne aggregatum cum aggregandis confundatur.

3. Si-

Digitized by Google

3. Sigillatim addantur unitates & ſumma earum ipſis ſubſcribatur.
4. Quodſi in ea decades reperiantur, eas decadibus numerorum datorum addi oportet: decadum vero ſumma ſub decadibus collocanda.
5. Hac operatione per reliquas numerorum datorum ſeries continuata, habebitur ſumma quæſita.

E. gr. Si numeri A, B, C addendi; ita
procedendum: 4 & 3 ſunt 7,
3578 A additis 8, prodeunt 15. Col-
524 B locentur 5 ſub unitatibus, & 1
63 C decas connumeretur decadi-
——— bus datis. Itaque 1 (ſc. *de-*
4165 *cas*) & 6 (*decades*) ſunt 7 (*de-*
cades): additis 2, prodeunt
9; additis porro 7, habentur 16 (*decades*). Collocentur 6 ſub decadibus datis, & reliquæ 10, hoc eſt, 1 centenarius annumeretur centenariis datis. Sunt itaque 1 & 5 (*centenarii*) 6 &, additis adhuc 5, prodeunt 11 (*centenarii*). Collocetur 1 ſub centenariis datis, & 10 centenarii reliqui, hoc eſt, 1 millenarius addatur 3 *millenariis* datis, ſummaque 4 ſub iis ſcribatur. Ita prodit ſumma quæſita 4165.

DEMONSTRATIO.

Cum unitates, decades, centenarii, millenarii &c. numerorum datorum ſint partes eorundem (§. 50); idem ſunt cum omnibus numeris datis ſimul ſumtis (§. 9). Liquet vero ex operatione, numerum inventum compoſitum eſſe ex omnibus unitatibus, decadibus, centenariis, millenariis &c. numerorum datorum. Compoſitus ergo eſt ex omnibus numeris datis ſimul ſumtis, conſequenter ipſis æqualis (§. 86), adeoque ſumma eorundem eſt (§. 59). *Q. e. d.*

SCHOLION.

97. *Unitates numerorum ſingula tamdiu per digitos repræſentantur & eorum ope additio abſolvitur, donec memoriæ infigatur, quinam numerus prodeat, ſi unitates quotlibet cuicunque numero addas, e. gr. quod* $3 + 2 = 5$, $9 + 5 = 14$ *&c. Hoc modo talia natura docet.*

COROLLARIUM 1.

98. Quoniam ſeriei ſiniſteriori tot unitates accedunt, quot decades ex ſummatione in proxime dexteriore emergunt (§. 96); additio minore tædio abſolvetur, ſi ex qualibet numerorum ſerie tot decades deleantur, quot ex iis colligi poſſunt, reſiduum infra lineam ſcribatur, & numerus decadum abjectarum ſeriei proxime ſiniſteriori connumeretur.

E. gr. Si numeri addendi fuerint A,
B, C, ita procedendum: cum
8763 A 7 & 3 ſint 10; reſiduus nu-
5247 B merus 5 ſcribatur infra lineam
2125 C & 1 connumeretur decadibus.
——— Dic itaque 6 & 4 ſunt 10; 2 & 1
16135 ſunt 3. Scribe 3 infra lineam
& 1 repone in locum centenariorum. Quoniam vero 7 & 2 ſunt 9,

 por-

Digitized by Google

porro 9 & 1 ſunt 10; adde 1 ſeriei millenariorum & reſiduum 1 ſcribe in loco centenariorum. Dic itaque 8 & 2 ſunt 10 millenarii ſeu 1 decas millenariorum, 5 & 1 vero ſunt 6. Scribe 6 in loco millenariorum & 1 in loco decadum millenariorum.

SCHOLION 2.

99. *Modus hic addendi eſt maxime naturalis* (§. 49): *nec abſimili artificio numeri heterogenei adduntur. Ex ſerie nimirum ſpeciei minoris toties colligitur valor ſpeciei proxime majoris, quoties fieri poteſt & pro unoquoque unitas reponitur in ſerie proxime majore. E. gr. ſint expenſa:*

Januarii	45 thal.	16 groſs.	9 num.
Februarii	60	12	3
Martii	72	13	6
Aprilis	180	19	9
Maji	55	25	6
erit ſumma	415	5	9

Cum enim 12 nummi conficiant groſſum, in ſerie nummorum additis 6 & 6, itemque 3 & 9 valor groſſi bis colligitur & relinquuntur 9. Scribuntur itaque 9 infra lineam in loco nummorum & 2 adduntur ſeriei groſſorum. Similiter quoniam thalerus 24 groſſis conſtat, in ſerie groſſorum ut ante valor thaleri ter colligitur, relictis 5. Quare denuo 5 in loco groſſorum reponuntur & 3 thaleris connumerantur. Reliqua ut in corollario aut problemate peraguntur.

COROLLARIUM 2.

100. Si omnes numeri dati unitatum inſtar conſiderentur, evidens eſt inter ſummandum tot novenarios omitti, quot unitates ex ſumma ſeriei dexterioris in ſiniſteriorem transferuntur. Sic in exemplo problematis loco *quindecim* ſub unitatibus ſcribimus 5, ſub decadibus 1, quorum numerorum inſtar unitatum conſideratorum ſumma eſt 6. Unus itaque novenarius omittitur, cum ex loco unitatum in locum decadum una rejicitur decas. Similiter ſi ſumma unitatum *viginti ſeptem*; ſub unitatibus collocamus 7, ſub decadibus 2. Duo igitur novenarii omittuntur, cum 2 decades ex loco monadum in locum decadum rejiciuntur. Hinc ſolvitur

PROBLEMA 3.

101. *Examinare additionem, hoc eſt, explorare, utrum numerus inventus ſit æqualis omnibus datis ſimul junctis, nec ne.*

RESOLUTIO.

1. Notentur a latere numeri, qui inter addendum ex ſerie qualibet dexteriore in proxime ſiniſteriorem rejiciuntur, & operatione abſoluta addantur, ut numerus novenariorum inter ſummandum omiſſorum innoteſcat (§. 100).
2. Abjiciatur præterea ex ſumma inventa novenarius, quoties fieri poteſt, abjectorumque novenariorum numerus addatur numero inter ſummandum omiſſorum: quæ ſumma una cum numero reſiduo, ſi quis fuerit, probe notetur.
3. Tandem ex numeris ſummandis,

dis, qui omnes tanquam unitates ſpectantur, novenarius abjiciatur, quoties fieri poteſt, & numerus novenariorum abjectorum una cum numero reſiduo, ſi quis fuerit, denuo notetur.

Quodſi enim uterque fuerit æqualis utrique ante reperto; numerus inventus æquatur omnibus datis ſimul ſumtis (§. 91), conſequenter additio rite peracta (§. 61). *Q. e. i. & d.*

E. gr. in exemplo problematis inter ſummandum; novenarii omittuntur & ex ſumma reperta unus adhuc deleri poteſt: quo facto, relinquuntur 7. Sed ſi ex numeris ſummandis 4 novenarii abjiciantur, 7 ſimiliter relinquuntur. Quare additio rite peracta.

SCHOLION.

102. *Diſcrimen inter demonſtrationem & examen haud obſcurum eſt. Illa evincit per regulas præſcriptas inveniri debere numerum quæſitum; hoc docet, regulas ad caſum ſingularem rite fuiſſe applicatas. Unde apparet examinis utilitas, fruſtra obnitente* Ramo (*), *qui demonſtrationem cum examine confundit. Vulgo præcipiunt, ut tam ex ſumma, quam aggregandis, notis ſingulis inſtar digitorum conſideratis, abjiciatur novenarius, & ex reſidui identitate operationis bonitatem colligunt. Sed cum examen tum fallere poſſit, quando error novenarium vel ejus multiplum adæquat; ideo aliquantiſper idem immutavi, ut hunc quoque excluderet errorem. Ceterum non inutilia ſunt examina, etſi non omnes errores detegant, modo iisdem ſeſe non ſubducant, qui frequentius admittuntur.*

PROBLEMA 4.

103. *Numerum minorem e majore ſubtrahere.*

RESOLUTIO.

1. Numerus minor ea lege majori ſubſcribatur, ut homogenei homogeneis reſpondeant, quemadmodum in additione præcepimus (§. 96).
2. Sub numeris hiſce ducatur linea recta.
3. Subtrahantur ſigillatim unitates ab unitatibus, decades a decadibus, centenarii a centenariis &c. & reſidua ſingula loco conveniente infra lineam ſcribantur, nempe reſiduum unitatum ſub unitatibus, decadum ſub decadibus &c.
4. Quod ſi nota major e minore veniat ſubtrahenda, ex ſiniſteriore loco in dexteriorem transferatur unitas, quæ (§. 50) hic 10 valebit, ut ſubtractio fieri queat. Numerus vero unitate mulctatus puncto notetur, ne

(*) In Schol. Mathem. lib. 4. p. 114.

ne ipſum mulctatum eſſe obliviſcamur.

5. Si in loco ſiniſteriore cyphram reperiri contingat, unitas a numero proxime ſequente mutuetur, puncto propterea notando, ut ipſum unitate minutum eſſe conſtet. Unitas vero illa in locum dexteriorem translata decadis valorem tuebitur (§. 50). Quamobrem ubi plures cyphræ ſeſe inſequuntur, omnes hac ratione in novenarios mutentur, & numerus minor, a quo ſubtractio fieri debet, decade augeatur.

Juxta has regulas numerum quemcunque ex alio quocunque majore ſubtrahere licet.

E. gr. Si ex	98.0.0.4.0.34.59
ſubtrahas	474386 5263
Differentia eſt	505653 8196

Demtis enim 3 ex 9, relinquuntur 6 unitates infra lineam ſcribendæ. Decades 6 ex 5 auferri nequeunt: a centenariis itaque 4 auferatur unus & ejus loco decem decades decadibus jungantur. Ablatis itaque 6 ex iis, remanent 9 decades infra lineam loco convenienter ponendæ. Centenarii 2 ex 3 ſubducti relinquunt 1. Millenarii 5 ex 3 auferri nequeunt: a centenariis itaque millenariorum 4 auferatur unus, qui in locum vacuum delatus cyphram in decem decades millenariorum vertet. Inde ſi 1 decadem in locum millenariorum transferas, habebis hic 13 millenarios, ibi 9 decades millenariorum. Subductis jam 5 ex 13, reſidui fiunt millenarii 8. Demtis porro 6 millenariorum decadibus ex 9, relinquuntur 3. Jam ſi 8 ex 3 ſubtrahere debes, ab 8 ſiniſterioribus mutuetur unitas, cujus beneficio duæ cyphræ in 9 & 3 in 13 degenerabunt, ut tandem ſubtractio facillime abſolvatur.

DEMONSTRATIO.

Numerus inventus prodit, ſi unitates, decades, centenarios &c. numeri minoris ex unitatibus, decadibus, centenariis &c. majoris ſubducas, *vi operationis*, hoc eſt, ſi ſingulas partes numeri minoris a ſingulis partibus majoris ſubtrahas (§. 50). Sed ſingulæ partes numeri minoris ſimul ſumtæ ſunt numero minori, & partes ſingulæ majoris ſimul ſumtæ ſunt majori æquales (§. 86). Ergo idem relinqui debet numerus, ſi totum numerum minorem e toto majore ſubtrahas (§. 91). *Q. e. d.*

SCHOLION 1.

104. *Si numeri heterogenei fuerint a ſe invicem ſubtrahendi; unitas mutuo petita non* 10, *ſed tot unitates valet, quot unitates ſpeciei minoris conſtituunt valorem unitatis ſpeciei majoris.*

E. gr.	45 thal.	16 gr.	6 num.
	27	23	9
	17 thal.	16 gr.	9 num.

Nimi-

Nimirum cum nummi ex 6 ſubtrahi nequeant, ex 16 groſſis unus convertitur in 12 nummos, ut loco 6 habeantur 18. Subductis adeo 9 nummis ex 18, relinquuntur 9. Similiter cum 23 groſſi ex reſiduis 15 auferri nequeant; ex 45 thaleris unus ablatus in 24 groſſos convertitur: unde ſi ſubtrahantur 23, reſiduus eſt 1 groſſus 15 addendus, ut reſidui loco ponantur 16 groſſi. Denique 27 thaleri a 44 ablati relinquunt 17.

SCHOLION 2.

105. *Quodſi numerus major e minore ſubtrahi jubeatur, evidens eſt id fieri non poſſe. Subtrahitur itaque minor e majore, & defectus notatur ſigno —. E. gr. Si quis 8 thaleros ſolvere debet, atque 3 nonniſi poſſidet: tribus ſolutis 5 adhuc debet, qui per — 5 indigitantur.*

PROBLEMA 5.

106. *Examinare ſubtractionem.*

RESOLUTIO.

Reſiduo addatur ſubtrahendus (§.96). Quodſi enim ſumma fuerit æqualis minuendo; ſubtractio rite peracta (§64).

E. gr.	9800403459	Minuendus.
	4743865263	Subtrahend.
	5056538196	Differentia
	9800403459	

ALITER.

Quoniam in ſubtractione reſiduum cum ſubtrahendo æquatur minuendo (§.64). Si minuendus ſumatur pro aggregato, reſiduum cum ſubtrahendo pro aggregandis (§.61); examen per novenarium ſuccedet ut in additione (§.101).

PROBLEMA 6.

107. *Examinare additionem per ſubtractionem.*

1. Deſcribantur in continua ſerie multipla Septenarii centenario inferiora, nempe 7. 14. 21. 28. 35. 42. 49. 56. 63. 70. 77. 84. 91. 98. continua Septenarii additione invenienda. Eſt enim $7+7=14$, $14+7=21$ &c.
2. In exemplo ad examinandum propoſito, veluti

566
8259
526
2687
3425
10946

ſumantur in aggregato binæ notæ ſiniſtimæ 10 & cum multiplis ſeptenarii conferantur.
3. Multiplum proxime inferius, aut ipſe ſeptenarius, veluti in noſtro caſu, ab iſtis notis ſubtrahatur & reſiduum 3 iisdem ſuperſcribatur.
4. Juncta huic reſiduo 3 nota proxime ſequente 9, numerus inde reſultans 39 conferatur ut ante cum ſeptenarii multiplis &, proxime minori 35 inde

inde ſubducto, reſiduum 4 ſupra ſcribatur.

5. Hæc operatio continuetur, donec reſiduum ultimum 5 ſuper nota dextima obtineatur.

6. Singulæ aggregandorum ſeries 2687 & 8259 eodem modo tractentur.

7. Reſidua ſuper notis dextimis 6 & 6 addantur & a ſumma 12 ſeptenarius vel ejus multiplum proxime inferius abjiciatur.

Quodſi reſiduum fuerit idem cum reſiduo ſuper nota dextima aggregati, velut in noſtro exemplo 5; operatio rite peracta.

DEMONSTRATIO.

Ad operationem attento manifeſtum eſt, tum ex aggregato, tum ex aggregandis abjici omnia multipla ſeptupli, e. gr. in noſtro caſu millenariorum, centenariorum, decadum, unitatum. Jam cum aggregatum ſit aggregandis æquale (§. 61), omnia quoque iſta multipla junctim ſumta utrobique æqualia eſſe debent (§. 86. 87). Cum adeo ab æqualibus æqualia auferantur; reſidua omnino æqualia ſint neceſſe eſt (§. 91). Quare ſi contingat, inæqualia reſidua fieri; id indicio erit, ſi examen rite inſtitutum, errorem in operatione admiſſum fuiſſe. *q. e. d.*

ALITER.

1. Colligantur ſigillatim in unam ſummam ſingulæ ſeries verticales, quibus conſtant numeri ſummandi, initio facto a ſiniſtra & progrediendo verſus dextram, & quidem deſcendendo (§. 96).

2. Summæ partiales ſubtrahantur a notis ſummæ, quæ ſingulis ſeriebus reſpondent (§. 103).

Quodſi in loco dextimo, qui eſt unitatum, relinquatur cyphra, additio rite peracta.

E. gr. Sit exemplum additionis

```
   ABCD
   3579
   8462
   5376
  ------
  17417
   1210
```

Collectis in unam ſummam notis in ſerie A, 16 ſubducatur ex 17 & reſidua 1 ſcribatur ſub 7. Similiter ſumma notarum in ſerie B 12 auferatur ex 14, reſiduo 2 ſub 4 ſcripto. Summa notarum in ſerie C 20 tollatur ex 21 & reſidua 1 ponatur ſub 1. Denique ſi ſumma ſeriei D 17 ex 17 ſubtrahatur, relinquitur 0: quod indicio eſt, numerum 17417 eſſe ſummam quæſitam.

DEMONSTRATIO.

Ex operatione patet, a millenariis ſummæ ſubtrahi omnes millenarios ſummandorum & a centenariis, decadibus, unitatibus ſummæ omnes centenarios, decades, uni-

Digitized by Google

unitates ſummandorum. Quodſi ergo operatione abſoluta nihil relinquitur, ſumma tot præciſe millenarios, centenarios, decades, unitates continet, quot numeri ſummandi ſimul ſumti continent, atque adeo ſumma numeris ſummandis ſimul ſumtis æqualis eſt (§. 87), conſequenter additio rite peracta (§. 61).

SCHOLION.

108. *Examen primum adhuc procedere, ſi loco ſeptenarii numerus alius ſumatur ipſa demonſtratio inſinuat. Solent etiam examinis loco additionem iterare, ſed diverſa ratione, ita ut una vice aſcendendo, altera vero deſcendendo ſummatio perficiatur, facto tamen in utraque operatione initio a dextra & progrediendo verſus ſiniſtram.*

PROBLEMA 7.

109. *Abacum Pythagoricum, hoc eſt, Tabulam conſtruere, in qua facta ex ſingulis digitis in ſingulos repræſentantur.*

RESOLUTIO.

1. Latera quadrati alicujus ſingula in 9 partes æquales dividantur & per lineas ipſi parallelas in areolas quadratas area ejus reſolvatur.
2. In ſerie horizontali ſumma & laterali ſiniſtima ſcribantur novem notæ numericæ, ſeu ſinguli digiti.
3. Addantur 2 & 2; aggregatum 4 ſcribatur infra 2. Addantur porro 2 & 4; aggregatum 6 collocetur ſub 4. Addantur 2 & 6, aggregatum 8 ponatur ſub 6; & ita porro.
4. Quodſi hæc additio per reliquos digitos eadem lege continuetur, Abacus Pythagoricus conſtruetur. *Q. e. f.*

ABACUS PYTHAGORICUS.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	4	6	8	10	12	14	16	18
3	6	9	12	15	18	21	24	27
4	8	12	16	20	24	28	32	36
5	10	15	20	25	30	35	40	45
6	12	18	24	30	36	42	48	54
7	14	21	28	35	42	49	56	63
8	16	24	32	40	48	56	64	72
9	18	27	36	45	54	63	72	81

SCHOLION.

110. *Abacum Pythagoricum memoriæ mandare tenetur multiplicationem ac diviſionem expedite abſoluturus. Quamdiu vero memoriæ infixus non eſt, ad manus eſſe debet, quoties multiplicas aut dividis.*

PROBLEMA 8.

111. *Numerum quendam datum per alium datum multiplicare.*

RESOLUTIO.

1. Multiplicator ſcribatur ſub multiplicando, ut in additione (§. 96).
2. Ducatur ſub iis linea recta.

3. Infra hanc ex abaco Pythagorico ſcribantur ſingula producta ex ſingulis multiplicandi notis in unitates multiplicatoris, ſimiliter ex illis in reliquas hujus notas, ea quidem lege, ut decades cujuslibet producti annumerentur producto proxime ſiniſteriori, & productum ex multiplicando in decades multiplicatoris in loco decadum, productum ex multiplicando in centenarios multiplicatoris in loco centenariorum &c. ſcribere incipiamus.

4. Producta partialia addantur (§. 96). Dico aggregatum eſſe factum quæſitum.

```
  38476
     35
-------
 192380
 115428
-------
1346660
```

E. gr. Sint factores 38476 & 35. Multiplicatore ſub multiplicando ſcripto, duc 5 in 6, cumque factum vi abaci Pythagorici ſit 30, ſcribe 0 ſub 5 & 3 decades annumera facto ex 5 in 7, quod eſt 35. Additis itaque 3 ad 35, prodeunt 38. Pone 8 juxta 0 verſus ſiniſtram & facto ex 5 in 4, nempe 20, adde 3, ut prodeant 23 (ſcilicet centenarii). Scribe itaque 3 in loco centenariorum & 2 millenarios annumera facto 40 ex 5 in 8, ut habeatur ſumma 42 millenariorum. Scribe 2 in loco millenariorum; 4 vero decades millenariorum adde facto 15 ex 5 in 3, & ſummam 19 in loco conveniente repone. Ita habetur factum ex multiplicando in dexteram multiplicantis notam. Quodſi eadem ratione quæratur factum ex multiplicando in ſiniſtram multiplicatoris notam 30 & producta partialia addantur; prodibit tandem factum ex 35 in 38476, nempe 1346660.

DEMONSTRATIO.

Vi operationis & Abaci Pythagorici primus numerus intra lineas ſcriptus ſingulas multiplicandi notas, hoc eſt, ſingulas ejusdem partes (§. 50), adeoque multiplicandum ipſum (§. 9), toties continet, quoties prima multiplicatoris nota unitatem. Eodem modo patet, quod numerus ſecundus intra lineas ſcriptus multiplicandum toties contineat, quoties nota ſecunda multiplicantis unitatem &c. Sed cum numeri intra lineas ſcripti adduntur, ſumma iisdem æqualis eſt (§. 61), adeoque multiplicandum toties continet, quoties ſingulæ multiplicatoris notæ, hoc eſt, partes (§. 50), conſequenter totus multiplicator (§. 9) unitatem continet. Eſt igitur factum ex multiplicando in multiplicantem (§. 66). *Q. e. d.*

SCHOLION.

112. *Si factoribus* cyphræ *adhæreant, producto invento eadem adjunguntur, ut ex ſequentibus exemplis manifeſtum.*

3578	4760
30	2000
107340	9520000

PROBLEMA 9.

113. *Lamellas Neperianas parare, quarum ope multiplicationem ac diviſionem facilius abſolvere liceat, quam per abacum Pythagoricum.*

RESOLUTIO.

1. Ex orichalco, ligno aut charta compacta parentur lamellæ oblongæ in novem quadratula diviſæ, quæ per Diagonales denuo in duo triangula ſingula reſolvantur. *Fig. 1.*
2. In illis quadratulis ea lege ſcribatur tabula Pythagorica, ut notæ ſolitariæ aut dextræ triangulum dextrum, notæ autem ſiniſtræ ſiniſtrum cedat. *Sic factum eſt, quod petebatur.*

SCHOLION.

114. *Has lamellas ſub initium ſeculi ſuperioris invenit* Johannes Nepetus, *Baro Merchiſtonii, Scotus, & peculiari libello deſcripſit, cui* Rhabdologiæ *nomen impoſuit.*

PROBLEMA. 10.

115. *Multiplicare numerum datum per datum alium lamellarum Neperianarum ope.*

RESOLUTIO.

1. Lamellas ita diſpone, ut in fronte exhibeant multiplicandum.
2. Eis ad ſiniſtram junge lamellam unitatum.
3. In hac quære dextimam multiplicatoris notam &
4. Ipſi reſpondentes numeros in quadratulis reliquarum lamellarum ita exſcribe, ut in unam ſummam colligantur numeri in eodem rhombo obvii.
5. Eodem modo exſcribe numeros reliquis multiplicatoris notis reſpondentes & decenter infra factores (§. 111) ſcribe.
6. Tandem ut ante (§. 111) facta hæc partialia in unam ſummam collige. *Sic f. e. q. p.*

E. gr. Sit multiplicandus 5978, multiplicator 937; ex triangulo dextimo, quod dextimæ multiplicatoris notæ 7 reſpondet, exſcribe 6 & pone infra lineam. Mox in rhombo verſus ſiniſtram proxime ſequente 9 & 5 adde & ſummæ 14 notam dextram ſcribe juxta 6, ſed 1 connumera 3 & 4 in rhombo ulteriore obviis: Aggregatum 8 junge jam inventis 46. Similiter in rhombo ultimo adde 6 & 5. Summæ 11 notam dextram 1 pone, ut ante, infra lineam; ſiniſtram vero itidem 1 adde notæ 3 in ſiniſtro triangulo deprehenſæ. Summam 4 ſi 1846 a ſiniſtris jungas; habebis factum ex 7 in 5978. Eodem modo reperies facta ex 5978 in reliquas multiplicatoris notas 3 & 9. *Fig. 2.*

5978
937
———
41846
17934
53802
———
5601386

PROBLEMA II.

116. *Numerum quemlibet per alium quemcunque ſine abaci Pythagorici ſubſidio multiplicare.*

RESOLUTIO.

Omne artificium huc redit, ut ex ſimplo, duplo & decuplo per additionem, ſubtractionem & mediationem, ſingula multipla inveniantur. Nimirum numerus quilibet ſibimetipſi additus producit ſui *duplum.* Addatur huic ſimplum, ſumma eſt numeri dati *triplum.* Duplum addatur ſibimetipſi, aggregatum eſt numeri dati *quadruplum.* Medietur decuplum, hoc eſt, ipſe numerus datus cyphra auctus (§. 112), prodibit *quintuplum.* Quintuplo addatur ſimplum vel duplum, habebitur *ſextuplum* vel *ſeptuplum.* Ex decuplo ſubtrahatur duplum vel ſimplum, reſiduum erit *octuplum* vel *noncuplum.* Sine abaci itaque Pythagorici ſubſidio multiplicaturo familiaris ſit ſequens a *Jobo Ludolffo,* in Academia Erfordienſi nuper Mathematum Profeſſore, in Arithmeticam primum introducta

NOMENCLATURA.

1. Simplum.	1. *Simplum.*
2. Duplum.	1+1 *Simplum & ſimplum.*
3. Triplum.	2+1 *Duplum & ſimplum.*
4. Quadruplum.	2+2 *Dupli duplum.*
5. Quintuplum.	$\frac{10}{2}$ *Decupli dimidium.*
6. Sextuplum.	$\frac{10}{2}$+1 *Decupli dimidium & ſimplum.*
7. Septuplum.	$\frac{10}{2}$ + 2 *Decupli dimidium & duplum.*
8. Octuplum.	10—2 *Decuplum ſine duplo.*
9. Noncuplum.	10—1 *Decuplum ſine ſimplo.*

E. gr. 3) 3894 — 7788 — 11682

4) 3894 — 7788 — 15576

5) 3894 — 19470

6) 3894 — 19470 — 23364

7) 3894 — 19470 — 7788 — 27258

8) 389.4. — 7788 — 31152

9) 389.4. — 35046

Si multiplicator ex pluribus notis conſtet, infra lineam ſcribatur ejus duplum & decupli dimidium, ut beneficio *Nomenclaturæ* exinde multipla multiplicandi erui poſſint, quæ deſiderantur. Sub ducta

ſta igitur altera linea ſcribantur more conſueto (§.111) multiplicandi multipla.

```
   37896A
   (6874)
 ---------
   75792B
  189480C
 ---------
  151584D
  265272E
  303168F
  227376G
 ---------
260497104
```

E. gr. Sit multiplicans 6874, multiplicandus A 37896. Infra lineam ſcribatur B ipſius A duplum & porro C decupli ipſius A dimidium. Reperies ergo 1. D ipſius A quadruplum ſumendo duplum ipſius B; 2. E ſeptuplum ipſius A addendo B & C; 3. F octuplum ipſius A vel addendo C, B & A, vel B ſubducendo a decuplo ipſius A, hoc eſt ex A cyphra aucto; 4. denique G addendo C & A.

Si multiplicator ex pluribus notis conſtet, ſæpius ex productis jam inventis per additionem vel ſubtractionem inveniri poſſunt, quæ adhuc deſiderantur, nec tum *Nomenclaturæ* propoſitæ ſtricte inhærendum, ita ut non opus ſit infra lineam demum ſcribi duplum multiplicandi & decupli ejusdem dimidium.

```
743) 8957654821
     ----------
     17915309642
    35830619284
   62703558374
 ---------------
 665553753126
```

E. gr. ſit multiplicans 743. Factum facillime invenietur, ſi multiplicando ſubſcribatur (1) duplum, (2) dupli duplum, (3) ſumma ex ſimplo, duplo & dupli duplo, & tria hæc multipla multiplicando addantur.

Similiter ſi multiplicans fuerit 789, ſub multiplicando ſcribitur decuplum ſine ſimplo, quod eſt noncuplum. Ex eo ſi denuo auferatur ſimplum, relinquetur octuplum. Quodſi & ab hoc ſimplum ſubducas, reſiduum erit ſeptuplum.

```
789) 89.57.6.5.482
     -------------
     8.0.6.1889.3.38
    7.1.66.1.238.56
   62703558374
 ------------------
 70675896 5298
```

PROBLEMA 12.

117. *Numerum datum per alium minorem dividere.*

RESOLUTIO.

Caſus I. Si diviſor unica fuerit nota,

1. Scribatur is ſub nota dividendi ſiniſtima, aut, ſi ea minor fuerit, ſub proxime ſequente, ac ope *Abaci Pythagorici* inveſtigetur, quoties in nota vel notis ſupraſcriptis contineatur. Numerus, qui hoc indicat, ponatur dexteram verſus poſt lunulam loco quoti.
2. Quotus ducatur in diviſorem & productum ex nota vel notis ſupraſcriptis dividendi ſubtrahatur, & his deletis, ſi quod fuerit reſiduum, ſupraſcribatur.
3. Diviſor ad notam ſubſequentem verſus dexteram promoveatur, & ope

& ope *Abaci Pythagorici* denuo inveſtigetur, quoties is in notis ſupraſcriptis contineatur. Reliqua peragantur ut ante.

4. Quodſi hæc operatio per ſingulas dividendi notas continuetur, quotus invenietur. *Q. e. f.*

E. gr. Sit dividendus 7856, diviſor 3. Ponantur 3 ſub 7 & per *abacum Pythagoricum* innoteſcit, 3 in 7 bis contineri. Scribantur ergo 2 poſt lunulam loco quoti & factum ex 2 in 3, hoc eſt 6, ſubſtrahatur ex 7 lineola transverſa delendis, reſidua unitas ſupraſcribatur.

```
1 12
7856 ( 2618 2/3
3333
```

Promoveatur diviſor 3 ſub 8, cumque vi *abaci Pythagorici* 3 in 18 ſexies contineatur, ſcribantur 6 loco quoti & factum 18 ex 3 in 6 ex 18 ſubducatur: quo in caſu nihil relinquitur. Quodſi eadem ratione pergatur, quotus tandem integer prodit 2618 & binarius 2 remanet: id quod indicio eſt, numerum propoſitum in tres partes æquales exacte dividi non poſſe.

DEMONSTRATIO.

Ex ipſa operatione liquet, numerum inventum indicare, quoties diviſor in millenariis, centenariis, decadibus, unitatibus dividendi, hoc eſt, in ſingulis ejus partibus (§. 50), adeoque in toto dividendo (§. 9) contineatur, conſequenter unitatem toties continet, quoties dividendus diviſorem. Eſt igitur quotus (§. 69). *Q. e. d.*

Caſus II. Si diviſor ex notis pluribus conſtet,

1. Siniſtima ejus nota ſcribatur ſub nota ſiniſtima dividendi & reliquæ dexteriores ſub proxime ſequentibus verſus dexteram.
2. Ope *abaci Pythagorici* inveſtigetur, quoties prima diviſoris nota in prima dividendi contineatur.
3. Numerus inventus ducatur in diviſorem integrum & diſpiciatur, utrum factum ex numeris ſupraſcriptis ſubtrahi poſſit, nec ne.
4. Si ſubtractio fieri queat, ſcribatur is loco quoti poſt lunulam & ſubtractio actu peragatur. Numeri, ex quibus ſubtractio fit, lineola transverſa deleantur, & qui reſidui fuerint, ſupraſcribantur. Quodſi vero ſubtractio non ſuccedat, loco quoti ſumatur numerus unitate vel aliquot unitatibus minor, donec factum ex eo in diviſorem ad notas dividendi quam proxime accedat & ex iis auferri queat.
5. Diviſor loco uno verſus dexteram promoveatur & reliqua ut ante peragantur.
6. Hæc operatio continuetur, donec

nec diviſor ulterius promoveri nequeat. *Sic f. e. q. p.*

E. gr. Sit dividendus 7856, diviſor 32.

1
21
147
7856(245$\frac{16}{32}$
3222
33

Scribantur 32 ſub 78 & inquiratur, quoties 3 in 7 contineantur. Cum itaque bis in eo contineantur; ducantur 2 in 32 &, quia factum 64 ex 78 ſubtrahi poteſt, 2 ſcribantur poſt lunulam &, ſubtractione peracta reſiduisque 14 ſuprascriptis, diviſor loco uno promoveatur. Quo facto inveſtigetur, quoties 3 in 14 contineantur & factum ex 4 in 32, hoc eſt 128, ſubducatur ex 145, reſiduo 17 ſupraſcripto & 4 in loco quoti poſt lunulam repoſitis. Promoveatur diviſor denuo loco uno & quæratur, quoties 3 in 17 contineantur. Numerus 5, qui hoc indicat, jungatur quoto jam invento, & factum ex eo in diviſorem 32, nempe 160 ſubtrahatur ex 176, reſiduo 16 ut ante ſupraſcripto. Dico numerum inventum 245$\frac{16}{32}$ eſſe quotum quæſitum.

Si diviſor ex pluribus præſertim conſtet notis, præſtat multipla quoti ſubtrahenda ſub notis dividendi, ex quibus ſubtractio fieri debet, immediate ſcribi & ſub ſubtrahendo reſiduum, cui continuandæ diviſionis gratia jungitur nota dividendi ſequens, donec nulla ſuperfuerit, adeoque diviſio abſoluta.

E. gr. Sit dividendus 385797, diviſor 8672, quem tibi ſub loco quoti notabis.

385797(44
34688 (8672
———
38917
34688
———
4219

Jam cum 8 in 38 quater contineatur, ſcribe diviſoris 8672 quadruplum ſub notis dividendi 38579, & reſiduum 3891 ſub eodem, juncta eidem nota ſequente 7, ut diviſio continuari poſſit. Quoniam itaque diviſor in notis 38917 denuo 4 continetur, quadruplum diviſoris ut ante ſub iisdem ponitur & ex ipſis auffertur. Erit 44$\frac{4219}{8672}$ quotus.

DEMONSTRATIO.

Eadem fere eſt demonſtratio, quæ in caſu primo, hoc unice notato, quod, cum ex *abaco Pythagorico* conſtare nequeat, quoties diviſor integer in notis dividendi ſupraſcriptis contineatur, interea ſupponatur, toties illum in his contineri, quoties ſiniſtima diviſoris nota continetur in ſiniſtima aut duabus ſiniſtimis dividendi notis. Licet enim hæc ſuppoſitio ſubinde fallat, in errorem tamen inducere nequit, quia examen mox inſtituitur, cum factum ex diviſore in quotum juxta eam inventum cum dividendo comparatur, & pſeudoquotus unitate tamdiu minuitur, donec in verum abeat.

SCHOLION.

118. *Equidem hæc methodus tædioſa videtur, quod raro verus quotus prima ſtatim vice per eam eliciatur. Enimvero experientia comprobatur, examen, quod inſtituendum, cogitationum celeritati parere in exercitatis.*

PROBLMA 13.

119. *Diviſionem per lamellas Neperianas abſolvere.*

RESOLUTIO.

1. Lamellas ita diſpone, ut in fronte referant diviſorem.
2. Eis ad ſiniſtram junge lamellam unitatum.
3. Sub diviſore deſcende, donec occurrant notæ dividendi, in quibus quoties contineatur, diſquiritur, aut numerus ipſis proxime minor ex dividendo ſubtrahendus.
4. Numerus in lamella unitatum reſpondens ſcribatur loco quoti.
5. Quodſi eadem ratione partes quoti reliquas inveſtiges, diviſio tota abſolvetur.

E. G. Sit dividendus 5601386, diviſor *Fig. 3.* 5978. Quoniam quæritur, quoties in 56013 contineantur 5978; ſub diviſore deſcendendo in infima ſerie reperitur numerus 53802 quam proxime ad 56013 accedens, quorum ille ex hoc ſubtrahitur & in lamella unitatum reſpondens 9 loco quoti ſcribitur. Reſiduo 2211 jungitur nota dividendi ſequens 8, cumque ut ante per lamellas reperiatur huic convenire quam proxime numerus 17934, ipſi in lamella unitatum reſpondens 3 ſcribatur loco quoti, & ſubtractio ut ante peragatur. Eodem modo pars tertia quoti 7 reperitur.

```
5601386(937
53802..
-------
 2211 8.
 1793 4.
-------
  41846
  41846
-------
  00000
```

PROBLEMA 14.

120. *Sine abaci Pythagorici ſubſidio numerum datum dividere per alium datum.*

RESOLUTIO.

1. Dividendo ad dexteram more conſueto jungatur lunula & infra locum quoti ducatur linea recta.
2. Infra hanc lineam ſcribatur diviſor, ejus duplum & decupli dimidium ſive quintuplum: quibus numeris a dextris 1. 2 & 5 adſcribi oportet. Inde nimirum quodcunque diviſoris multiplum (§. 116) elicitur.
3. Tot dividendi notæ, quot diviſor habuerit, comparentur cum

Digitized by Google

cum illius multiplis modo inventis: ita enim quotus innoteſcet.

4. Is more ſolito poſt lunulam ſcribatur, ipſi vero reſpondens multiplum diviſoris ſub notis dividendi, quas modo diximus, atque ex his ſubducatur.

5. Reſiduo adjungatur nota dividendi proxime ſequens: reliqua ut ante peragantur.

Quodſi hæc operatio continuetur, ſine *abaci Pythagorici* ſubſidio quotus eruetur. *Q. e. f.*

E. gr. Sit dividendus 385724615, diviſor 175. Scribantur numeri dati cum diviſoris multiplis, ut hic factum eſſe apparet. Cum multiplis diviſoris compara 385 & quoniam illius duplum 350 quam proxime convenit, ſcribe 2 loco quoti & 350 ſubduc ex 385. Reſiduo 35 junge notam dividendi proxime ſequentem 7 & 357 denuo compara cum diviſoris multiplis. Quoniam vero denuo duplum 350 quam proxime accedit, idem ex 357 ſubtrahe & quoti loco rurſus ſcribe 2. Reſiduo 7 junge notam ſubſequentem 2. Quia dividendus 72 eſt diviſore 175 minor, quotus erit 0. Junge numero 72 notam dividendi 4, & cum 724 inter duplum 350 atque quintuplum 875 cadant, ipſisque dupli duplum, hoc eſt quadruplum diviſoris 700 quam proxime conveniat, quotus erit hoc in caſu 4. Quodſi hac ratione operationem continuare libuerit, repetietur quotus integer 2204140 & reſiduum erit 115.

```
385724615(2204140
350
---
 357
 350
 ---
   724
   700
   ---
    246
    175
    ---
     711
     700
     ---
      115
```

175	1
350	2
875	5

SCHOLION.

121. *Hac dividendi methodus & meditandi difficultatem & errandi facilitatem tollit, cui obnoxia eſt altera in problemate undecimo expoſita. Quamvis igitur eam ſerio commendem, nolim tamen ut abacus Pythagoricus prorſus rejiciatur, quoniam ſubinde caſus occurrunt, in quibus eodem minus commode caremus. Fractionum reductio ad minores terminos inter alia aſſertum noſtrum confirmabit.*

PROBLEMA 15.

122. *Examinare multiplicationem.*

RESOLUTIO.

Dividatur factum per multiplicandum, quotus erit multiplicans; aut factum dividatur per multiplicantem, quotus erit multiplicandus, ſi multiplicatio rite fuerit peracta.

```
38476 ) 1346660 ( 35
        115428
        ------
        192380
        192380
        ------
        000000
```

E. gr. Si multiplicandus 38476, multiplicator 35; factum eſt 1346660 (§. 111). Si vero 1346660 per 38476 dividas, quotus eſt 35.

ALITER.

1. Abjiciatur ex multiplicando 857 novenarius, quoties fieri poteſt.
2. Reſiduum 2 ducatur in multiplicatorem 4, ſi novenario minor fuerit, & ex facto, ubi novenarium ſuperaverit, abjiciatur itidem novenarius, quoties fieri poteſt, noteturque reſiduum.
3. Ex facto 3428 exterminetur etiam novenarius, quoties datur. Quodſi reſiduum 8 idem fuerit cum facto anteriore, aut ejus reſiduo; operatio rite peracta.
4. Si multiplicator fuerit novenario major, reſiduum in multiplicando ducatur non in ipſum multiplicatorem, ſed in id, quod abjectis novenariis relinquitur.

E. gr. Si multiplicandus 857, multiplicator 65; factum erit 55705.

```
  857
   65
 ----
 4285
5142
-----
55705
```

Abjectis novenariis, in facto relinquitur 4, in multiplicando 2, in multiplicatore itidem 2; quorum reſiduorum factum cum ſit 4, id indicio eſt multiplicationem rite fuiſſe peractam.

DEMONSTRATIO.

Cum multiplicatio ſit itera ejusdem numeri additio (§. 67), & factum quidem ſummæ, multiplicandus toties iteratus, quot multiplicator unitates habet, numeris aggregandis reſpondeat (§. 61. 66); ex facto & multiplicando iterato abjiciendus eſt novenarius, quoties fieri poteſt (§. 101). Quoniam itaque novenario ex multiplicando abjecto, quoties datur, reſiduum toties relinquitur, quot multiplicator unitates habet; evidens eſt, iſtud in multiplicatorem duci atque ex facto novenarium denuo exterminari debere, quoties licet, ut habeatur reſiduum numeris aggregandis reſpondens. *Quod erat unum.*

Quoniam vero perinde eſt, ſive reſiduum in multiplicatorem, ſive multiplicator in reſiduum ducatur, quemadmodum inferius (§. 207) independenter ab his demonſtrabitur, per primum patet, etiam ex multiplicatore, ſi novenario major fuerit, novenarium toties exterminari debere, quoties fieri poteſt, & reſiduum hoc ducendum eſſe in reſiduum ex multiplicando, ut habeatur reſiduum numeris aggregandis reſpondens. *Quod erat alterum.*

SCHO-

Digitized by Google

SCHOLION.

123. *Demonſtratio majorem evidentiam nanciſcitur, ubi ad exemplum applicatur: id quod etiam de quacunque alia intelligendum.*

PROBLEMA. 16.

124. *Examinare diviſionem.*

RESOLUTIO.

1. Quotus ducatur in diviſorem, aut diviſor in quotum.
2. Facto addatur, ſi quod a diviſione fuerit reſiduum.

Quodſi hac ratione prodeat dividendus, diviſio legitime peracta. (§. 112).

$$\begin{array}{r} 245 \\ 32 \\ \hline 490 \\ 735 \\ \hline 7840 \\ 16 \\ \hline 7856 \end{array}$$

E. gr. Si 7856 dividas per 32, quotus eſt 245, reſiduum 16. Duc 245 in 32 & facto 7840 adde 16; habebis dividendum 7856. Conſtat igitur diviſionem legitime fuiſſe peractam.

ALITER.

Cum vi examinis prioris dividendus ſit factum ex diviſore in quotum; examen quoque inſtituetur, abjiciendo ex dividendo, itidemque ex diviſore & quoto novenarium, quoties datur, atque reſiduum in diviſore multiplicando per reſiduum in quoto & facto, quod inde emergit, addendo reſiduum ex diviſione.

E. gr. In exemplo antecedente exterminato in dividendo 7856 novenario, relinquitur 8. Idem ſi tentetur in diviſore 32 & quoto 245; ibi 5, hic 2 reſiduum erit. Quodſi ulterius facto 10 ex 5 in 2 addatur reſiduum ex diviſione 16, & ex aggregato 26 tentetur more communi abjectio novenarii; habebitur ut in dividendo reſiduum 8.

SCHOLION GENERALE.

125. *Supereſt ut videamus, juxta quasnam regulas intellectus in hactenus expoſitis operationibus arithmeticis dirigatur. Meditaturi regulas duplicis generis offendemus, quarum alia imaginationem, alia intellectum purum dirigunt. Priores in numerorum ſcriptione, linearum ac lunulæ ductu, notarum in diviſione a ſubtractione peracta deletione &c. continentur. Scriptio numerorum varias ſuppeditat regulas, quibus vires imaginationis extenduntur. Numeros enim quosvis, quantumvis magnos & una varios, menti præſentes exhibet, quamdiu libuerit, qui alias diſparent, cum vix eam ſubierint: quo ipſo cogitationes a meditationibus aliena arcentur, domeſtica autem quantolibet temporis intervallo in nota qualibet numerorum datorum defiguntur. Hinc diſcimus:*

1. Intellectum uti debere in meditando ſubſidiis imaginationis, objecto meditationis convenientibus, ex ejus adeo indole in dato quolibet caſu particulari derivandis.
2. Quæ intellectus meditatur, ea, quantum fieri poteſt, imaginationi præſentia ſiſtenda eſſe: quod obſervaſſe in tyronibus quoque inſtituendis plu-

Digitized by Google

plurimum prodeſt, cum ad diſciplinas animum appellentes operationibus intellectus puri parum ſint adſueti, operationes vero imaginationis a primis (quod Græci ajunt) unguiculis familiarisſimæ ipſis exiſtant.

Ipſa vero hac numerorum ſcriptio præſtat, ut intellectus tum ſingula ſigillatim meditari, tum ſingula cum ſingulis, prout commodum viſum fuerit, conferre poſſit. Vide inprimis cor. 1. probl. 2. (§. 98.), probl. 4. (§. 103), probl. 11. (§. 116), & probl. 14. (§. 120). Utrumque difficultates partim ex rerum meditandarum ſerie nimis longa enaſci ſolitas, partim ordini, quo cogitationes promoventur, parum convenienti debitas tollit. Unde liquet

3. Ad minuendam in meditando difficultatem ſingula diſtincte imaginationi repræſentanda eſſe, ita ut objectum meditationis repræſentetur ſecundum omnes relationes datas & tota totius repræſentatio ex partialibus ſingularum relationum componatur. Hanc regulam in *Arte characteriſtica* perficienda magni momenti eſſe, inferius in Analyſi patebit. Eadem ſecundæ juncta tyronum inſtitutioni egregia ſuppeditat adjumenta. Inſervit etiam confuſæ cognitioni eorum, quæ ſigillatim diſtincte cognita fuerunt: cujus uſum demonſtrationes Geometricæ inferius concipiendæ loquentur.

Linearum & lunula ductus, notarum deletio, punctum notis unitate mulctatis adjectum impediunt, ne eadem pro diverſis aut diverſa pro iiſdem habentes in errorem incidamus: quo ipſo docemur

4. Quæ ſunt eadem in intellectu, ut eadem repræſentari debere imaginationi; quæ vero diverſa ſunt in intellectu, ut diverſa quoque repræſentanda eſſe. Sunt eadem in intellectu, quæ ſub notione communi continentur. Hæc vero regula errori potiſſimum diſcavet.

Progrediendum nunc ad alterum regularum genus, quibus intellectus purus juvatur. Numeri dati diſtinguuntur in varias claſſes, nempe in unitates, decades, centenarios &c. & in hiſce claſſibus ſinguli numeri ſingulis characteribus diſcernuntur. Satisfit igitur huic regulæ generali:

1. Quæſtio propoſita in tot partes reſolvenda, quot res diverſæ naturæ in eadem involvuntur.

Additio & ſubtractio in ſingulis numerorum claſſibus ſigillatim peragitur: nec minus in multiplicatione ac diviſione facta & quoti particularia quæruntur, ut inde componatur numerus quæſitus. Diſcimus adeo

2. Singula, quæ in quæſtione propoſita involvuntur, eſſe ſigillatim expendenda, &, quæ inde deducta ſunt, inter ſe conferenda.

In operationibus arithmeticis vel ad notiones numerorum reſpicimus, vel eorum proprietates e. gr. ex abaco Pythagorico in memoriam nobis revocamus. Unde patet:

3. Dum ſingula in ſe conſiderantur, vel notiones eorundem evolvendas, vel proprietates & relationes ad alias aliorum-

tempore cognitas in memoriam revocandas eſſe.

Si diviſor ex pluribus notis conſtet, ad facilitandum laborem aſſumitur, integrum diviſorem in omnibus dividendi notis ſupraſcriptis toties contineri, quoties nota diviſoris prima in nota dividendi continetur. Sed cum hypotheſis fallere queat, utrum quotus inventus ſit verus nec ne, probatur. In his vero continetur regula generalis hujuſmodi:

4. Si datorum numerus de re eadem ſit ingens, e. gr. ſi in Aſtronomia multa admodum phænomena motus ſiderum dentur, qualis eſſe debeat rei natura, e. gr. ſtructura ſyſtematis mundani, ut quibusdam phænomenis ſatisfiat, primo inveſtigandum; dein ulterius diſquirendum, utrum phænomenis quoque reliquis ſatisfiat nec ne. Ita ſi contingat, nos in hypotheſin falſam incidere, eam facilius emendare, quam ex ſimultanea omnium conſideratione prima ſtatim vice veram elicere licebit. Hæc regula in ſcientia naturali multum habet uſum non minus in inveniendo, quam in aliorum hypotheſibus dijudicandis.

Licet abunde conſtet per demonſtrationes, regularum, quibus utimur, ope numerum quæſitum inveniri; examina tamen non negliguntur, quibus convincimur nos in regularum applicatione non aberraſſe. Decemur ergo

5. Conſultum eſſe, ut diſpiciamus, an veritates a priori deductæ experientiæ reſpondeant.

Plura non addimus, cum hæc ſpeciminis tantum loco in medium proferantur.

CAPUT III.

De

RATIONE AC PROPORTIONE QUANTITATUM.

DEFINITIO 39.

126. *Ratio* eſt ea homogeneorum relatio, quæ quantitatem unius determinat ex quantitate alterius, ſine tertio homogeneo aſſumto. Homogenea, quæ comparantur, dicuntur *Termini Rationis* & in ſpecie *antecedens* vocatur, qui ad alterum refertur; *conſequens* vero, ad quem alter refertur,

SCHOLION. 1,

127. Euclides *rationem definit per* habitudinem magnitudinum ejusdem generis ſecundum quantitatem. *Sed hac definitio incompleta: dantur enim & alia magnitudinum relationes, quæ ſunt conſtantes, nec tamen in rationum numero con-*

continentur. Talis eſt ſinus recti ad ſinum complementi in Trigonometria. Completam reddidit vir ſummus Leibnitius. *Equidem &* Hobbeſius *definitionis Euclideæ correctionem tentavit* (q); *ſed infeliciter. Cum enim rationem definiat per* magnitudinis ad magnitudinem relationem; *definitio ejus non modo id vitii habet, quod Euclidea, quod ſcilicet relationis ſpeciem non determinet; verum etiam in eo peccat, quod ſpeciem magnitudinum non exprimat, qua rationem inter ſe habere poſſunt.*

SCHOLION. 2.

128. *Ceterum hic de ratione quantitatum in genere, non tantum de ratione numerorum agimus, quia hæc doctrina non modo ad commenſurabilia, ſed etiam ad incommenſurabilia, hoc eſt, ad quantitatum quodvis genus applicari debet.*

COROLLARIUM 1.

129. Cum in fractionibus relatio numeratoris ad denominatorem ſine tertio homogeneo aſſumto intelligatur (§. 59); erit ea ratio.

COROLLARIUM 2.

130. Si duæ quantitates inter ſe comparantur ſine tertia homogenea aſſumta, aut una alteri æqualis, aut inæqualis deprehenditur (§. 83). Ratio itaque vel æqualitatis, vel inæqualitatis.

COROLLARIUM 3.

131. Si termini rationis fuerint inæquales, vel minor refertur ad majorem, vel major ad minorem (§. 21); minor nempe ad majorem tanquam pars ad totum, major vero ad minorem tanquam totum ad partem (§. 20): Ratio itaque determinat, quoties minus in majore contineatur, vel quoties majus minus contineat, hoc eſt, quantæ majoris parti minus æquetur: id quod diviſio prodit (§. 69).

COROLLARIUM 4.

132. Ceterum quia ratio per ſe intelligibilis (§. 126), iis diſcernendis inſervire poteſt, quæ compræſentia non ſunt (§. 27).

DEFINITIO 40.

133. *Ratio majoris inæqualitatis* eſt, quam habet majus ad minus, e. gr. 6 ad 3. *Ratio* vero minoris *inæqualitatis* eſt, quam habet minus ad majus, e. gr. 3 ad 6.

DEFINITIO 41.

134. *Ratio rationalis* dicitur, quæ eſt ut unitas vel numerus rationalis ad numerum rationalem, e. gr. ut 3 ad 4. *Irrationalis* vocatur, quæ numeris rationalibus exprimi nequit.

SCHOLION.

135. *Sint duæ quantitates A & B, ſitque A < B. Si A ex B toties ſubtrahas, quoties fieri poterit, e. gr. quinquies, relinquetur vel nihil, vel aliquid. In priori ergo caſu A erit ad B ut 1 ad 5, hoc eſt, A in B quinquies continetur, ſeu* $A = \frac{1}{5} B$. *Ratio ergo eſt rationalis. In caſu poſteriori aut dabitur pars aliqua, quæ aliquoties ex A, e. gr. ter, itidemque ex B, e. gr. ſepties ſubducta nihil relinquit; aut nulla dabitur iſtiuſmodi pars. Si*

(q) in Tractatu de principiis & ratiocinatione Geometrarum c. 11, p. 22.

Digitized by Google

Si prius: erit A ad B ut 3 ad 7, ſeu A $= \frac{3}{7}$ B, *adeoque ratio denuo rationalis. Si poſterius: ratio ipſius A ad B numeris exprimi nequit rationalibus, hoc eſt, dici nequit, quanta pars ipſius B ſit A. Suo autem loco oſtendetur, quomodo pars illa aliquota communis inveniri poſſit, nec minus demonſtrabitur, dari quantitates, quæ rationem irrationalem habent. Hinc ſimul lumen affunditur definitioni rationis, dum oſtendimus, quomodo ex comparatione duorum homogeneorum ſine tertio homogeneo aſſumto ratio intelligi poſſit. Nimirum aut minus majoris, aut pars, quæ utrique ineſt, utriusque menſura conſtituitur, vel, quod perinde eſt, minus aut prædicta pars pro unitate aſſumitur & in caſu priore majus, in poſteriore majus & minus per numeros exprimuntur: quos in ratione irrationali irrationales eſſe ſuo loco conſtabit.*

DEFINITIO 42.

136. *Exponentem rationis* dico Quotum, qui ex diviſione antecedentis per conſequentem emergit. E. gr. rationis 3 ad 2 exponens eſt $1\frac{1}{2}$; ſed rationis 2 ad 3 eſt $\frac{2}{3}$. Vocatur is etiam *Denominator*, nec non *Nomen rationis*.

SCHOLION.

137. *In Geometria demonſtrabitur, quod exponens rationis data exprimi poſſit linea, licet in numeris vel rationalibus, vel irrationalibus eundem exhibere non valeamus.*

COROLLARIUM 1.

138. Si conſequens eſt unitas, antecedens ipſe eſt exponens rationis, e. gr. rationis 4 ad 1 exponens eſt 4.

COROLLARIUM 2.

139. Numerus ergo quilibet integer exprimit rationem multi ad unum, ſeu multitudinis ad unitatem.

COROLLARIUM 3.

140. Exponens rationis eſt ad unitatem ut antecedens ad conſequentem (§. 69).

COROLLARIUM 4.

141. Rationes per exponentes diſcernuntur (§. 131. 136) atque adeo, ſi antecedens A, conſequens B, ratio ipſius A ad B commode exprimitur per A : B (§. 71).

DEFINITIO 43.

142. Si terminus minor eſt pars aliquota majoris, *Ratio* majoris inæqualitatis vocatur *multiplex*; *ratio* vero minoris inæqualitatis *ſubmultiplex*. Speciatim in caſu primo *dupla*, ſi exponens 2; *tripla*, ſi 3 &c. in altero *ſubdupla*, ſi exponens $\frac{1}{2}$; *ſubtripla*, ſi $\frac{1}{3}$ &c. E. gr. 6 ad 2 habet rationem triplam, continet enim ſenarius binarium ter; contra 2 ad 6 eſt in ratione ſubtripla, continet enim binarius tertiam ſenarii partem.

DEFINITIO 44.

143. Si terminus major minorem ſemel continet ac inſuper partem ipſius aliquotam; *ratio* majoris inæqualitatis dicitur *ſuperparticu-*

ticularis, *ratio* minoris inæqualitatis *ſubſuperparticularis*. Speciatim in caſu primo vocatur *ſeſquialtera*, ſi exponens $1\frac{1}{2}$; *ſeſquitertia*, ſi $1\frac{1}{3}$ &c. in altero *ſubſeſquialtera*, ſi exponens $\frac{2}{3}$; *ſubſeſquitertia*, ſi $\frac{3}{4}$ &c. E. gr. 3 ad 2 eſt in ratione ſeſquialtera; 2 ad 3 in ſubſeſquialtera.

DEFINITIO 45.

144. Si terminus major minorem ſemel continet ac inſuper partes ipſius aliquot aliquotas; *ratio* majoris inæqualitatis vocatur *ſuperpartiens; ratio* minoris inæqualitatis *ſubſuperpartiens*. Speciatim in caſu priore dicitur *ſuperbipartiens tertias*, ſi exponens $1\frac{2}{3}$; *ſupertripartiens quartas*, ſi $1\frac{3}{4}$; *ſuperquadripartiens ſeptimas*, ſi $1\frac{4}{7}$ &c. in poſteriore *ſubſuperbipartiens tertias*, ſi exponens $\frac{3}{5}$; *ſubſupertripartiens quartas*, ſi $\frac{4}{7}$; *ſubſuperquadripartiens ſeptimas*, ſi $\frac{7}{11}$ &c. E. gr. 5 ad 3 eſt ratio ſuperbipartiens tertias; ſed 3 ad 5 ratio ſubſuperbipartiens tertias.

DEFINITIO 46.

145. Si terminus major minorem aliquoties continet & inſuper partem ipſius aliquotam; *ratio* majoris inæqualitatis vocatur *multiplex ſuperparticularis*; ratio minoris inæqualitatis *ſubmultiplex ſubſuperparticularis*. Speciatim in caſu primo dicitur *dupla ſeſquialtera*, ſi exponens $2\frac{1}{2}$; *tripla ſeſquiquarta*, ſi $3\frac{1}{4}$ &c. in altero *ſubdupla ſubſeſquialtera*, ſi exponens $\frac{2}{5}$; *ſubtripla ſubſeſquiquarta*, ſi $\frac{4}{13}$ &c. E. gr. 16 ad 5 habet rationem triplam ſeſquiquintam; 4 ad 9 rationem ſubduplam ſubſeſquiquartam.

DEFINITIO 47.

146. Denique ſi terminus major minorem aliquoties continet ac inſuper aliquot partes ipſius aliquotas, *ratio* majoris inæqualitatis dicitur *multiplex ſuperpartiens*; ratio minoris inæqualitatis *ſubmultiplex ſubſuperpartiens*. Speciatim in caſu primo vocatur *dupla ſuperbipartiens tertias*, ſi exponens $2\frac{2}{3}$; *tripla ſuperquadripartiens ſeptimas*, ſi $3\frac{4}{7}$ &c. in altero *ſubdupla ſubſuperbipartiens tertias*, ſi exponens $\frac{3}{8}$; *ſubtripla ſubſuperquadripartiens ſeptimas*, ſi $\frac{7}{25}$ &c. E. gr. Ratio 25 ad 7 eſt tripla ſuperquadripartiens ſeptimas; 3 ad 8 ſubdupla ſubſuperbipartiens tertias.

SCHOLION I.

147. *En genera & ſpecies rationum rationalium, quarum quidem nomina apud recentiores rarius occurrunt (eorum enim loco terminis rationum minimis utuntur, e. gr. pro dupla 2 : 1, pro ſeſquialtera 3 : 2), non tamen ab eo ignorari*

poſſunt

poſſunt, qui ſcripta Mathematicorum evolvit. Ceterum jam Clavius *annotavit* (ſ) *exponentes rationis majoris inaqualitatis & re, & nomine; rationes vero minoris inæqualitatis re tantum, non autem nomine denominare. Facile vero in his nomen invenies, ſi denominatorem exponentis dividas per numeratorem.* E. gr. *ſi exponens fuerit* $\frac{5}{8}$; *erit* $8 : 5 = 1\frac{3}{5}$. *Unde innoteſcit, rationem vocari ſubſupertripartientem quintas. De nominibus rationum irrationalium nemo hactenus cogitavit.*

SCHOLION 2.

148. *Nomina rationum rationalium facile memoriæ mandaturus idemque perſpecturus, ſpeciebus recenſitis plures non dari, conſiderare debet, quotum ex diviſione termini majoris per minorem emergentem, ſeu exponentem rationum majoris inæqualitatis, vel eſſe 1. numerum integrum, vel mixtum, hunc vero vel 2. ex unitate & fractione, cujus numerator eſt unitas, vel 3. ex unitate & fractione, cujus numerator eſt numerus, vel 4. ex numero & fractione, cujus numerator eſt unitas, vel denique 5. ex numero & fractione, cujus numerator numerus eſt, conſtare. Habemus ergo in caſu primo* rationes multiplices & ſubmultiplices, *in ſecundo* ſuperparticulares & ſubſuperparticulares, *in tertio* ſuperpartientes & ſubſuperpartientes, *in quarto* multiplices ſuperparticulares & ſubmultiplices ſubſuperparticulares, *in quinto denique* multiplices ſuperpartientes & ſubmultiplices ſubſuperpartientes. *Rationes minoris inæqualitatis per proprios quoque exponentes determinari poſſunt. Aut enim exponens 1. eſt fractio, cujus numerator unitas; aut fractio, cujus numerator unitate major, tumque vel ſimplum numeratoris, vel ejus multiplum denominatore minus. Si ſimplum numeratoris denominatore minus, ejus differentia a denominatore vel 2. unitas eſt, vel 3. unitate major. Similiter ſi multiplum numeratoris denominatore minus, differentia vel 4. unitas eſt, vel 5. unitate major. In caſu primo* ratio *eſt* ſubmultiplex; *in ſecundo* ſubſuperparticularis; *in tertio* ſubſuperpartiens, *in quarto* ſubmultiplex ſubſuperparticularis; *in quinto* ſubmultiplex ſubſuperpartiens.

DEFINITIO 48.

149. *Rationes eædem* ſunt, quarum antecedentes ad ſuos conſequentes eodem modo referuntur, hoc eſt, quarum antecedentes per ſuos conſequentes diviſi dant exponentes æquales.

SCHOLION 1.

150. *Per hanc definitionem agnoſci poſſe etiam identitatem rationum irrationalium patet ex ſchol. def. 42.* (§. 137).

COROLLARIUM 1.

151. Quoties ergo antecedens unius rationis ſuum conſequentem, vel quantam conſequentis partem continet; toties antecedens alterius ſuum conſequentem, vel tantam conſequentis partem continet: vel etiam quoties antecedens unius in conſequente ſuo con-

(ſ) in Comment. ad Elem. V Euclidis f. 179 Tom. 1. Oper.

tinetur, toties antecedens alterius continetur in ſuo conſequente (§. 131).

COROLLARIUM 2.

152. Si fuerit A ad B ut C ad D; erit $A : B = C : D$, ſeu in exemplo ſingulari $8 : 4 = 30 : 15$. Et hoc modo identitatem rationum in poſterum deſignabimus (§. 141).

SCHOLION 2.

153. *Alii ſignis aliis utuntur. Communiter A. B. :: C. D. ſcribere ſolent. Sed ſecundum leges Artis characteriſticæ ſigna ſcientifica non ſcientificis præferri debent. Sunt autem ſigna ſcientifica, ſeu ad inveniendum apta, quæ per charactères derivativos exprimunt, quorum notiones ex aliis ſimplicioribus componuntur.*

COROLLARIUM 3.

154. Cum rationes non diſcernantur niſi per exponentes (§. 141), in rationibus autem iisdem exponentes iidem ſint (§. 149), rationes eædem ſunt etiam ſimiles (§. 24), & contra.

DEFINITIO 49.

155. Rationum duarum identitas vel ſimilitudo dicitur *Proportio*. Et hinc quantitates eandem rationem habentes dicuntur *proportionales*. E. gr. Si $A : B = C : D$, dicuntur A, B, C & D, ſeu 8, 4, 30 & 15 proportionales.

DEFINITIO 50.

156. *Proportio continua* eſt, ſi conſequens primæ rationis idem cum antecedente ſecundæ, ut ſi $3 : 6 = 6 : 12$: *Diſcreta* vero, ſi conſequens primæ diverſus ab antecedente ſecundæ, ut ſi $3 : 6 = 4 : 8$. In proportione continua *terminus*, qui conſequentis primæ & antecedentis ſecundæ vicem tuetur, *medius proportionalis* appellatur. Ita numerus 6 eſt medius proportionalis inter 3 & 12.

SCHOLION.

157. Gregorius a S. Vincentio (t) *conſiderat quoque rationes, quas habent rationum exponentes, &* Proportionalitatem *vocat proportionem, quæ inter exponentes quatuor rationum intercedit, ut modos argumentandi in Geometria etiam a rationibus diſſimilibus deſumere liceat. Sed nos hac doctrina non utemur.*

DEFINITIO 51.

158. Rationum diverſarum $A : B$ & $F : G$ *major* dicitur $A : B$, ſi fuerit $A : B > F : G$; contra *minor* $F : G$, ſi $F : G < A : B$. Unde & rationem majorem ac minorem hoc modo deſignabimus. E. gr. 6 ad 3 majorem habet rationem quam 5 ad 4, nam $6 : 3 (= 2) > 5 : 4 (= 1\frac{1}{4})$; ſed 3 ad 6 minorem habet, quam 4 ad 5, nam $\frac{3}{6} = \frac{1}{2} < \frac{4}{5}$.

DEFINITIO 52.

159. *Ratio* ex duabus vel pluribus aliis *compoſita* dicitur, quam habet factum ex duarum vel plurium

rium

(t) Quadraturæ Circuli lib. 8 f. 865.

rium rationum antecedentibus ad factum ex earundem conſequentibus. Ita 6 ad 96 eſt in ratione compoſita 2 ad 8 & 3 ad 12. Inſpecie *duplicata* vocatur, quæ ex duabus; *triplicata*, quæ ex tribus; *quadruplicata*, quæ ex quatuor &c. & in genere *multiplicata*, quæ ex pluribus rationibus ſimilibus componitur, multiplicata nempe uniuscujusque rationum ſimilium. Ita 48 : 3 ſeu 16 : 1 eſt ratio duplicata ipſarum 4 : 1 & 12 : 3. Unde ſimul intelligitur, quænam *ratio* dicenda ſit *ſubduplicata*, *ſubtriplicata*, *ſubquadruplicata* &c. & in genere *ſubmultiplicata*. Nempe 4 : 1 eſt ratio ſubduplicata ipſius 16 : 1 vel 48 : 3.

THEOREMA 11.

160. *Quæ ſunt ut numerus rationalis ad numerum rationalem, commenſurabilia ſunt.*

DEMONSTRATIO.

Numeri rationalis integri pars aliquota eſt unitas (§. 40); fractus vero cum unitate partem aliquotam communem habet (§. 41). Quæ igitur ſunt ut numerus rationalis ad numerum rationalem; eorum unum vel eſt pars aliquota alterius, vel utriusque pars aliquota communis datur. Quare commenſurabilia ſunt (§. 31). *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

161. Cum in diviſione ſit ut diviſor ad dividendum, ita unitas ad quotum (§. 69); ſi numerus rationalis per rationalem dividitur, unitas eſt ad quotum ut numerus rationalis ad numerum rationalem, atque hinc quotus commenſurabilis unitati, (§. 160), adeoque numerus rationalis (§. 39).

COROLLARIUM 2.

162. Quoniam ergo in ratione rationali exponens rationis prodit, numero rationali per rationalem diviſo (§. 134. 136); rationis rationalis exponens eſt numerus rationalis (§. 161).

THEOREMA 12.

163. *Commenſurabilia ſunt inter ſe velut unitas ad numerum rationalem integrum, vel ut numerus rationalis integer ad alium rationalem integrum: incommenſurabilia non item.*

DEMONSTRATIO.

Commenſurabilium aut unum eſt pars aliquota alterius, aut utriusque datur pars aliquota communis (§. 31). Quodſi adeo in caſu priore quantitas minor, in poſteriore pars aliquota communis pro unitate aſſumatur; reſpondebit in priore quantitati majori, in poſteriore utrique numerus rationalis integer (§. 40). Ergo in caſu priore quantitates ſunt inter ſe ut unitas, in poſteriore ut numerus rationalis integer ad numerum ratio-

Digitized by Google

tionalem integrum. *Quod erat primum.*

Incommenſurabilium nulla datur pars aliquota communis (§. 31). Nulla ergo datur unitas, cui commenſurabilia exiſtant. Quare cum omnis numerus rationalis unitati commenſurabilis exiſtat (§. 39); ipſa non ſunt ut numerus rationalis ad numerum rationalem. *Quod erat alterum,*

COROLLARIUM. 1.

164. Commenſurabilium ratio eſt rationalis; incommenſurabilium irrationalis (§. 134).

SCHOLION.

165. *Dari quantitates incommenſurabiles, in Geometria demonſtrabitur.*

COROLLARIUM. 2.

166. Rationis commenſurabilium exponens eſt numerus rationalis (§. 162).

THEOREMA 13.

167. *Rationes A: B & F: G ſimiles eidem tertiæ C: D ſunt etiam ſimiles inter ſe: & ſimilibus ſimiles ſunt inter ſe ſimiles.*

DEMONSTRATIO.

Rationes ſimiles eidem tertiæ
$6:3 = 8:4$ ſunt etiam eædem
$10:5 = 8:4$ eidem tertiæ (§. 154).
Ergo $6:3 = 10:5$

Quare cum ſit $A:B = F:G$ & $C:D = F:G$ (§. 152); erit $A:B = C:D$ (§. 87), conſequenter A ad B ut C ad D (§. 152). *Quod erat unum.*

Porro $A:B = C:D$ & $F:G = H:E$, itemque $C:D = H:E$, *per hypoth.* Sed $A:B = H:E$, *per demonſtr.* Ergo etiam $A:B = F:G$, *per demonſtr.* *Quod erat alterum.*

THEOREMA 14.

168. *Idem C ad æqualia A & B: & æqualia A & B ad idem C vel etiam æqualia C & D eandem rationem habent.*

DEMONSTRATIO.

$A = B$, *per hypoth.* Ergo $C:A = C:B$ (§. 71. 94); conſequenter C ad A & B eandem rationem habet (§. 152). *Quod erat primum.*

Similiter quia $A = B$, *per hypoth.* erit $A:C = B:C$ (§. 71. 94), conſequenter A & B ad C eandem rationem habent (§. 152). *Quod erat ſecundum.*

Sit denique $A = C$ & $B = D$, erit $A:B = C:D$ (§. 71. 94), conſequenter ratio utrobique eadem (§. 152). *Quod erat tertium.*

THEOREMA 15.

169. *Si fuerit $A:B = C:D$, erit etiam invertendo $B:A = D:C$.*

DEMONSTRATIO.

Sit quotus ex diviſione ipſius A per B emergens E & quotus ex diviſione ipſius C per D emergens G; erit B ad A ut unitas ad E & D ad

D ad C ut eadem unitas ad G (§. 69) conſequenter $B:A=1:E$ & $B:C=1:G$ (§. 152). Sed $A:B=C:D$, *per hypoth.* ſeu $E=G$. (§. 15). Ergo unitas eadem ad E & G eandem rationem habet (§. 168), conſequenter $B:A=D:C$ (§. 167). *Q. e. d.*

THEOREMA 16.

170. *Partes ſimiles* P *&* p *eandem rationem habent ad tota* T *&* t*: ſi tota ad partes eandem rationem habent, partes ſunt ſimiles: & tota ad partes ſimiles eandem rationem habent.*

DEMONSTRATIO.

Habeat enim, ſi fieri poteſt, P ad T aliam rationem quam *p* ad *t*; partes *p* & *P* per diverſitatem rationis ad tota a ſe invicem diſtingui poterunt (§. 132). Erunt adeo diſſimiles (§. 24): Quod cum ſit abſurdum, utpote contra hypotheſin; erit P ad T ut *p* ad *t*. *Quod erat unum.*

Si $t:p=T:P$, *per hyp.* erit $p:t=P:T$ (§. 169). Ergo *per demonſtrata* P & *p* ſunt partes ſimiles. *Quod erat alterum.*

Si P & p ſunt partes ſimiles totorum T & t, erit $P:T=p:t$ *per num. 1.* adeoque $T:P=t:p$ (§. 169), hoc eſt, tota ad partes ſimiles eandem rationem habent.

THEOREMA 17.

171. *Partes ſimiles* P *&* p *ſunt inter ſe ut tota* T & t.

DEMONSTRATIO.

Cum totum ſit idem cum partibus ſuis ſimul ſumtis (§. 9); quoties ſumitur totum, toties etiam ſumitur pars ejus quantalibet, e. gr. quarta, vigeſima, milleſima, millioneſima aut quæ rationem aliam quamcunque ad totum habet. Quare ſi ponamus totum minus *t* toties ſumi, donec toti T æquale fiat; quoties ipſum ſumitur, toties etiam ſumenda ejus pars *p*, donec parti ipſius T ſimili, quæ eſt P, æqualis fiat. Toties itaque P continet *p*, quoties T ipſum *t*. Sunt ergo partes ſimiles ut tota (§. 151). *Q. e. d.*

SCHOLION.

172. *Notandum eſt, numerum, qui indicat, quoties ſumatur totum minus, ut majori æquale fiat, non ſemper eſſe rationalem; ſed irrationalem quoque eſſe poſſe: quo in caſu tota ad ſe invicem rationem irrationalem habent.* E. gr. *In Geometria demonſtrabimus latus quadrati, ut diagonali æquale fiat, toties ſumi debere, quoties unitas continetur in radice ex binario. Evidens vero eſt, ſi latus quadrati ſit diviſum in duas partes, quarum una eſt pars quarta totius, altera continet tres quartas; partem quoque quartam toties ſumi quoties unitas continetur in radice ex binario, donec parti quartæ diagonalis æqualis fiat.*

THE-

Digitized by Google

THEOREMA 18.

173. *Si* A : B = C : D; *erit etiam* alternando ſeu permutando A : C = B : D.

DEMONSTRATIO.

I. Si antecedens A & C conſequentibus B & D fuerint minores; eorum partes (§. 20), eæquæ ſimiles (§. 170) haberi poſſunt. Sunt igitur ut tota, hoc eſt antecedentes A & C eam inter ſe rationem habent quam conſequentes B & D. (§. 171).

II. Si antecedentes A & C conſequentibus B & D majores; tum quia A : B = C : D, *per hypoth.* erit B : A = D : C (§. 169), conſequenter B : D = A : C *per caſ.* 1. *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

174. Ergo in diviſione unitas ad diviſorem ut quotus ad dividendum (§. 69).

COROLLARIUM 2.

175. Si fuerit A : B = C : D & B = D, erit etiam A = C. Eſt enim A : C = B : D (§. 173). Sed B = D, *per hypoth.* Ergo A = C (§. 149).

COROLLARIUM 3.

176. Si fuerit B : A = D : C & B = D; erit etiam A = C. Cum enim ſit A : B = C : D (§. 169); erit etiam A = C (§. 175).

THEOREMA 19.

177. *Quæ ad idem vel æqualia eandem habent rationem, æqualia ſunt: & ad quæ idem vel æqualia eandem habent rationem, ea itidem æqualia ſunt.*

DEMONSTRATIO.

A : B = D : B, *per hypoth.* Ergo A : D = B : B (§. 173). Sed B = B (§. 81). Quare A = D (§. 149). Et idem eodem modo oſtenditur, ſi A : B = D : C & B = C. *Quod erat unum.*

Similiter C : A = C : B, *per hypoth.* Ergo C : C = A : B (§. 173). Sed C = C (§. 81). Quare A = B (§. 149). Et idem eodem modo patet, ſi C : A = D : B & C = D. *Quod erat alterum.*

THEOREMA 20.

178. *Si quantitates quaſcunque A & B per eandem tertiam C multiplices; facta D & E ſunt inter ſe ut A & B.*

DEMONSTRATIO.

6	12
3	3
18	36

6 : 12 = 18 : 36

Cum ſit 1 : C = A : D & 1 : C = B : E (§. 66); erit A : D = B : E (§. 167), conſequenter A : B = D : E (§. 173). *Q. e. d.*

SCHOLION.

179. *Cum C ſit eadem quantitas in utroque caſu, per hypoth. unitas quoque in utroque eadem eſt (§. 13), conſequenter 1 : C eadem Ratio.*

CORO-

Digitized by Google

COROLLARIUM.

180. Ergo ſi A > B, etiam AC > BC (§. 149), hoc eſt, ſi majus & minus per idem vel æqualia multiplices, factum prius eſt majus altero.

THEOREMA 21.

181. *Si quantitates quaſcunque A & B per eandem tertiam C dividas; quoti F & G ſunt inter ſe ut A & B.*

DEMONSTRATIO.

24 : 12
3) ———
8 : 4
8 : 4 = 24 : 12

Cum ſit 1 : C = F : A & 1 : C = G : B (§. 174); erit F : A = G : B (§. 167), conſequenter F : G = A : B (§. 173). *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

182. Si A > B, etiam F > G (§. 149), hoc eſt, ſi majus & minus per idem vel æqualia dividas, quotus prior poſteriore major eſt.

THEOREMA 22.

183. *Si rationum ſimilium A : B & C : D antecedentes vel conſequentes per idem E dividas; in caſu priore quoti F & G ad conſequentes B & D; in poſteriore antecedentes A & C ad quotos H & K eandem rationem habent.*

DEMONSTRATIO.

3 : 6 = 12 : 24
3   3
———
1 : 6 = 4 : 24

Quoniam A : B = C : D, *per hypoth.* erit A : C = B : D (§. 173). Sed A : E = F & C : E = G, *per hypoth.* Ergo F : G = A : C (§. 181), = B : D (§. 167), conſequenter F : B = G : D (§. 173). *Quod erat unum.*

Similiter quoniam A : B = C : D *per hypoth*, erit A : C = B : D (§. 173). Sed B : E = H & D : E = K *per hypoth.* Ergo B : D = H : K (§. 181), conſequenter A : C = H : K (§. 167) & hinc tandem A : H = C : K (§. 173). *Quod erat alterum.*

THEOREMA 23.

184. *Si rationum ſimilium A : B & C : D antecedentes vel conſequentes per eandem quantitatem E multiplices; in caſu priore facta AE & CE ad conſequentes B & D, in poſteriore antecedentes A & C ad facta BE & DE eandem rationem habent.*

DEMONSTRATIO.

2 : 6 = 3 : 9
6   6
———
12 : 6 = 18 : 9

Quia A : B = C : D, *per hypoth.* A : C = B : D (§. 173). Sed EA : EC = A : C (§. 178). Ergo EA : EC = B : D (§. 167), conſequenter EA : B = EC : D (§. 173). *Quod erat unum.*

Eodem modo oſtenditur, eſſe A : BE = C : DE, *Quod erat alterum.*

THEOREMA 24.

185. *Si rationum ſimilium A : B & C : D antecedentes per idem E & conſequentes per idem F multiplices aut*

aut dividas; in caſu priore facta, in poſteriore quoti eandem inter ſe rationem habent.

DEMONSTRATIO.

$3:6 = 12:24$
$2\ \ 3 \quad 2\ \ 3$
———
$6:18 = 24:72$

$A:B = C:D$, *per hypoth.* Ergo $EA:B = EC:D$ (§.184), conſequenter $EA:FB = EC:FD$ (§.*cit.*). *Quod erat unum.*

$3:6 = 12:24$
$3\ \ 2 \quad 3\ \ 2$
———
$1:3 = 4:12$

Sit $A:E = G$, $B:F = H$, $C:E = K$ & $D:F = L$. Quoniam $A:B = C:D$, *per hypoth.* $G:B = K:D$ (§.183). Ergo & $G:H = K:L$ (§.*cit.*). *Quod erat alterum.*

THEOREMA 25.

186. *Pars antecedentis in ratione majore ad conſequentem eandem rationem habet, quam antecedens minoris ad conſequentem ſuum. Et majus antecedente rationis minoris ad conſequentem eandem rationem habet, quam antecedens majoris ad ſuum conſequentem.*

DEMONSTRATIO.

Si A ad B rationem majorem habet, quam C ad D; erit $A:B > C:D$ (§.158). Ut igitur ratio prior alteri æqualis evadat, neceſſe eſt ut minus quam A, hoc eſt, pars ipſius (§.20), per B dividatur (§.182): quæ pars ſi dicatur F, erit $F:B = C:D$, hoc eſt, in majore ratione antecedentis pars eandem rationem habet ad conſequentem, quam minoris antecedens ad ſuum (§. 152). *Quod erat unum.*

Similiter ſi A ad B minorem habet rationem, quam C ad D; erit $A:B < C:D$ (§.158). Ut igitur ratio prior alteri æqualis evadat, neceſſe eſt ut majus quam A, cujus adeo pars eſt A (§.20), per B dividatur (§. 182): quod ſi dicatur F, erit $F:B = C:D$, hoc eſt, in ratione minore majus antecedente rationem eandem habet ad conſequentem, quam majoris antecedens ad ſuum conſequentem (§. 152). *Quod erat alterum.*

THEOREMA 26.

187. *Si fuerint quotcunque rationes ſimiles $A:B$, $C:D$, $E:F$, $G:H$ &c. ſumma omnium antecedentium $A+C+E+G$ &c. eſt ad ſummam omnium conſequentium $B+D+F+H$ &c. ut antecedens unius rationis A ad ſuum conſequentem B.*

DEMONSTRATIO.

Ponamus e.gr. eſſe $A = \frac{1}{2}B$, $C = \frac{1}{2}D$, $E = \frac{1}{2}F$, $G = \frac{1}{2}H$; erit $A+C+E+G = \frac{1}{2}B + \frac{1}{2}D + \frac{1}{2}F + \frac{1}{2}H$ (§.88), hoc eſt, ſumma omnium antecedentium eſt ſubdupla ſummæ

Digitized by Google

ſummæ omnium conſequentium, conſequenter ut antecedens unius rationis ad ſuum conſequentem. Eodem modo cum argumentatio procedat, ſi alia quæcunque ratio antecedentium ad conſequentes ponatur, vel etiam antecedentes ſint conſequentibus majores: patet propoſitum. *Q. e. d.*

THEOREMA 27.

188. *Si fuerit ut totum A + C ad totum B + D, ita ablatum C ad ablatum D; erit etiam reliquum A ad reliquum B ut totum A + C ad totum B + D, vel ut ablatum C ad ablatum D.*

DEMONSTRATIO.

24 : 12 Aut A : B = C : D, aut
6 : 3 A : B > C : D, aut denique A : B < C : D (§. 21).
———
18 : 9 Ponamus A : B > C : D. Ergo pars ipſius A, quæ dicatur F, erit ad B ut C ad D (§. 186), hoc eſt, F : B = C : D (152), conſequenter F + C : B + D = C : D (§. 187). Quare cum etiam ſit A + C : B + D = C : D, *per hypoth.* erit F + C = A + C (§. 177), adeoque F = A (§. 91). Sed F eſt pars ipſius A *per demonſtrata*: Pars igitur toti æqualis: quod cum ſit abſurdum (§. 84), ut ſit A : B > C : D, fieri nequit. Sit jam A : B < C : D. Ergo majus ipſo A, quod dicatur G, ad B eandem rationem habet, quam C ad D (§. 186), hoc eſt, G : B = C : D (§. 152), conſequenter G + C : B + D = C : D (§. 187). Quare cum etiam ſit A + C : B + D = C : D *per hypoth.* erit G + C = A + C (§. 177), adeoque G = A (§. 91). Sed A eſt pars ipſius G *per demonſtrata*. Ergo pars toti æqualis: quod cum ſit abſurdum, ut ſit A : B < C : D fieri nequit. Quoniam itaque nec A : B > C : D, nec A : B < C : D *per demonſtrata*: erit utique A : B = C : D. *Q. e. d.*

THEOREMA 28.

189. *In rationibus ſimilibus A : B & C : D differentia antecedentium A — C eſt ad differentiam conſequentium B — D, ut antecedens rationis utriuslibet ad ſuum conſequentem.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam A : B = C : D *per hypoth.* erit A : C = B : D (. 173). Ponamus A > C & B > D; erunt A & B tota, C & D eorum partes (§. 9. 20). Quamobrem cum ſit A : B = C : D *per hypoth.* erit A — C : B — D = A : B (§. 188). *Q. e. d.*

THEOREMA 29.

190. *Si fuerit ut antecedens primæ rationis ad ſuum conſequentem, ita antecedens alterius ad conſe-*

Digitized by Google

quentem ſuum ; erit etiam componendo, *ut ſumma antecedentis & conſequentis primæ rationis ad antecedentem vel conſequentem primæ, ita ſumma antecedentis & conſequentis ſecundæ ad antecedentem vel conſequentem ſecundæ.*

DEMONSTRATIO.

$4:2 = 10:5$ Si $A:B = C:D$
——— *per hypoth.* erit $A:$
$6:4 = 15:10$ $C = B:D$ (§.173).
vel $6:2 = 15:5$. Sed $A+B:C+D = A:C = B:D$ (§.187). Ergo $A+B:A = C+D:C$, item $A+B:B = C+D:D$ (§.173). *Q. e. d.*

THEOREMA 30.

191. *Si fuerit* $A:B = a:b$ & $A:C = a:c$ *&c. erit* $A:A+B+C = a:a+b+c$.

DEMONSTRATIO.

Quoniam $A:B = a:b$ & $A:C = a:c$ *per hypoth.* erit $A:a = B:b = C:c$ (§.173.167). Quare $A:a = A+B+C:a+b+c$ (§.187) & hinc $A:A+B+C = a:a+b+c$ (§.173). *Q. e. d.*

THEOREMA 31.

192. *Si fuerint proportiones quotcunque ſimiles* $A:B = C:D$, $E:F = G:H$, $I:K = L:M$ *&c. erit ſumma omnium antecedentium primarum rationum* $A+E+I$ *&c. ad ſummam omnium conſequentium* $B+F+K$ *&c. ut ſumma omnium antecedentium ſecundarum rationum* $C+G+L$ *&c. ad ſummam omnium conſequentium* $D+H+M$ *&c.*

DEMONSTRATIO.

Cum $A:B$, $E:F$, $I:K$ &c, itemque $C:D$, $G:H$, $L:M$ &c. ſint rationes ſimiles, *per hypoth.* erit $A+E+I$ &c.: $B+F+K$ &c. $= A:B$ & $C+G+L$ &c.: $D+H+M$ &c. $= C:D$ (§.187). Eſt vero $A:B = C:D$: *per hypoth.* Ergo $A+E+I$ &c.: $B+F+K$ &c. $= C+G+L$ &c.: $D+H+M$ &c. (§.167). *Q. e. d.*

THEOREMA 32.

193. *Si fuerit ut antecedens primæ rationis ad ſuum conſequentem, ita antecedens alterius ad conſequentem ſuum ; erit etiam* dividendo *ut differentia terminorum primæ rationis ad ejus conſequentem, ita differentia terminorum ſecundæ ad ejus conſequentem, itemque* convertendo *ut differentia terminorum primæ rationis ad ejus antecedentem ita differentia terminorum ſecundæ ad ejus antecedentem.*

DEMONSTRATIO.

$6:4 = 15:10$ Si fuerit $A:B =$
——— $C:D$ *per hypoth.* erit
$2:4 = 5:10$ $A:C = B:D$ (§.173),
$2:6 = 5:15$ conſequenter $A - B:$

$C:D$

C—D=B:D=A:C (189). Ergo A—B:B=C—D:D & A—B:A=C—D:C (§.173). *Q.e.d.*

THEOREMA 33.

194. *Si fuerit* ordinate *ut antecedens primæ rationis A ad ſuum conſequentem B, ita antecedens ſecundæ D ad conſequentem ſuum E; & ut conſequens primæ B ad aliud quidpiam C, ita conſequens ſecundæ E ad aliud quidpiam F: erit* ex æquo *antecedens primæ A ad C ut antecedens ſecundæ D ad F.*

DEMONSTRATIO.

4:2=6:3
2:8=3:12
————
4:8=6:12

Quoniam A:B=D:E & B:C=E:F, *per hypoth.* erit A:D=B:E & B:E=C:F (§.173), conſequenter A:D=C:F (§.167). Quare A:C=D:F (§.173). *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

195. Quodſi fuerit A:B=D:E & C:B=F:E; cum etiam ſit B:C=E:F (§.169), erit A:C=D:F (§.194).

COROLLARIUM 2.

196. Similiter ſi fuerit A:B=C:D & A:F=C:G; cum etiam ſit B:A=D:C (§.169), erit B:F=D:G (§.194).

COROLLARIUM 3.

197. Si denique fuerit A:B=C:D & F:A=G:C, cum etiam ſit A:F=C:G (§.169), erit B:F=D:G (§.196).

THEOREMA 34.

198. *Si fuerit* perturbate *ut antecedens primæ rationis A ad ſuum conſequentem B, ita antecedens ſecundæ E ad ſuum conſequentem F; & ut conſequens primæ B ad aliud quidpiam C, ita aliud quidpiam D ad antecedentem ſecundæ E; erit etiam* ex æquo *antecedens primæ A ad C ut D ad conſequentem ſecundæ F.*

DEMONSTRATIO.

8:4=12:6
4:16=3:12
————
8:16=3:6

Quoniam A:B=E:F, *per hypoth.* ſi ponatur B:C=F:G, erit A:C=E:G (§.194). Eſt vero etiam B:C=D:E, *per hypoth.* Ergo D:E=F:G (§.167), & D:F=E:G (§.173), conſequenter A:C=D:F (§.167). *Q.e.d.*

COROLLARIUM 1.

199. Quodſi fuerit A:B=E:F & C:B=E:D, cum etiam ſit B:C=D:E (§.169), erit A:C=D:F (§.198).

COROLLARIUM 2.

200. Similiter ſi fuerit B:A=F:E & B:C=D:E, cum etiam ſit A:B=E:F (§.169), erit A:C=D:F (§.198).

COROLLARIUM 3.

201. Si porro fuerit B:A=F:E & C:B=E:D, cum etiam ſit B:C=D:E (§.169), erit A:C=D:F (§.200).

COROLLARIUM 4.

202. Si idem C vel æqualia per majus

A & minus B dividas, quotus prior F erit minor poſteriore G. Eſt enim $A : C = 1 : F$ & $B : C = 1 : G$ (§. 174). adeoque $C : B = G : 1$ (§. 169). Ergo $A : B = G : F$ (§. 198). Sed $A > B$, *per hypoth.* Ergo $G > F$ (§. 149).

THEOREMA 35.

203. *Majus A ad idem C majorem rationem habet, quam minus B.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam $A > B$, *per hypoth.* erit $A : C > B : C$ (§. 202), hoc eſt, A ad C majorem rationem habet, quam B ad C (§. 158). *Q. e. d.*

THEOREMA 36.

204. *Quod ad idem majorem habet rationem quam alterum, id altero majus eſt.*

DEMONSTRATIO.

Habeat A ad C rationem majorem quam B ad idem C, *per hypoth.* Ergo pars ipſius A eandem ad C rationem habet quam B ad idem C (§. 186), adeoque ipſi B æqualis eſt (§. 177). Quare $A > B$ (§. 20). *Q. e. d.*

THEOREMA 37.

205. *Idem C ad majus A minorem habet rationem quam ad minus B.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam $A > B$ *per hypoth.* erit $C : A < C : B$ (§. 202). Ergo C ad A minorem habet rationem quam ad B (§. 158). *Q. e. d.*

THEOREMA 38.

206. *Ad quod idem majorem rationem habet quam ad alterum, id altero minus eſt.*

DEMONSTRATIO.

Habeat C ad A rationem majorem, quam ad B, *per hypoth.* Ergo pars ipſius C, quæ dicatur D, ad A eandem rationem habet, quam ad B (§. 186), hoc eſt, $D : A = C : B$ (§. 152). & hinc $D : C = A : B$ (§. 173). Sed $D < C$ (§. 20). Ergo $A < B$ (§. 140). *Q. e. d.*

THEOREMA 39.

207. *Duæ quantitates ſe mutuo multiplicantes idem factum gignunt.*

DEMONSTRATIO.

4 2
2 4
———
8 = 8

Sint duo factores A & B, erit $1 : A = B : AB$ & $1 : B = A : BA$ (§. 66). Eſt vero etiam $1 : A = B : BA$ (§. 173), adeoque ob unitatem eandem, *per hypoth.* $B : AB = B : BA$ (§. 167). Ergo $AB = BA$ (§. 177).

COROLLARIUM.

208. Sint tres factores A, B & C. Quoniam $AB = BA$ (§. 207); erit $CAB = CBA$ (§. 93), adeoque & $ABC = BAC$ (§. 207). Similiter quia $CB = BC$ (§. 207); erit $ACB = ABC$ (§. 93), adeoque & $CBA = BCA$ (§. 207). Quare $CAB = CBA = ABC = BAC = ACB = BCA$ (§. 87), hoc eſt, factum idem

idem producitur, quocunque ordine efficientes in ſe invicem ducantur.

SCHOLION.

209. *Idem eodem modo oſtenditur, ſi plures fuerint factores: ſed demonſtratio prolixior evadit, ſi plures tribus fuerint termini.*

THEOREMA 40.

210. *Si factum per multiplicandum dividitur, quotus eſt multiplicans: ſi per multiplicantem, quotus eſt multiplicandus.*

DEMONSTRATIO.

Eſt enim multiplicandus ad factum ut unitas ad multiplicantem (§.66). Eſt etiam multiplicandus ad factum (ſi hoc per illud dividi concipimus) ut unitas ad quotum (§. 69). Ergo quotus æqualis eſt multiplicanti (§.177). *Quod erat unum.*

Quoniam unitas eſt ad multiplicantem ut multiplicandus ad factum (§.66); eadem unitas ad multiplicandum ut multiplicans ad factum (173). Sed ſi factum per multiplicantem dividis; multiplicans eſt ad factum ut unitas ad quotum (§.69). Ergo quotus eſt æqualis multiplicando (§. 177). *Quod erat alterum.*

COROLLARIUM.

211. Omnia igitur facta ſunt numeri compoſiti (§. 76).

THEOREMA 41.

212. *Si quotus per diviſorem multiplicatur, aut contra, factum eſt dividendus.*

DEMONSTRATIO.

Eſt enim ut unitas ad diviſorem ita quotus ad dividendum (§.174). Sed ſi quotus per diviſorem multiplicatur, erit ut unitas ad diviſorem, ita quotus ad factum (§.66). Ergo factum æquale eſt dividendo (§.177). *Quod erat unum.*

Idem vero cum ſit factum, ſi diviſor per quotum multiplicetur (§. 207); erit quoque in hoc caſu factum æquale dividendo. *Quod erat alterum.*

THEOREMA 42.

213. *Sint quatuor quotcunque quantitates proportionales A: B = C: D, ſint totidem aliæ inter ſe quoque proportionales E: F = G: H, ſi poſteriores ſingulas in ſingulas priores ducas; facta inter ſe proportionalia ſunt, nempe AE: FB = GC: DH*

DEMONSTRATIO.

Cum ſit *per hypotheſin*

A:B = C:D & E:F = G:H
E F   E F   C D   C D

erit EA:FB = EC:FD & CE:DF = CG: DH. (§. 185). Sed EC = CE & FD = DF (§.207). Ergo EA: FB = CG: DH (§.167) = GC: HD (§.207). *Q. e. d.*

THE-

THEOREMA 43.

214. *Rationis compoſitæ exponens eſt æqualis facto, quod producunt exponentes ſimplicium.*

DEMONSTRATIO.

Si rationis primæ A : B exponens $= m$; ſecundæ C : D exponens ſit $= n$. Erit $m : 1 = A : B$ & $n : 1 = C : D$ (§.140). Ergo $mn : 1 = AC : BD$ (213), conſequenter mn eſt exponens rationis AC : BD (§. 140), hoc eſt compoſitæ ex A B : & C : D (§.159). *Q. e. d.*

SCHOLION.

215. *Sint rationes 8 : 4 & 24 : 6. Illius exponens eſt 2, hujus 4. Rationem compoſitam datarum habent 192 & 24. Sed 192 : 24 = 8, quod eſt factum ex 2 in 4. Ceterum eadem demonſtratio locum habet, ſi plures fuerint rationes.*

THEOREMA 44.

216. *Si plures fuerint quantitates continue proportionales A, B, C, D &c. prima A ad tertiam C eſt in ratione duplicata; ad quartam D in ratione triplicata &c. primæ A ad ſecundam B.*

DEMONSTRATIO.

1. Quoniam $A : B = B : C$, *per hypoth.* AB ad BC habet rationem duplicatam ipſius A ad B (§.159). Sed $AB : BC = A : C$ (§.181). Ergo etiam A ad C rationem duplicatam habet ipſius A ad B (§.167). *Quod erat unum.*

2. Quoniam $A : B = B : C = C : D$ *per hypoth.* ABC eſt ad BCD in ratione triplicata ipſius A ad B (§. 159). Sed $ABC : BCD = A : D$ (§. 178). Ergo etiam A ad D eſt in ratione triplicata ipſius A ad B (§.167). *Quod erat ſecundum.*

3. Facile apparet, quod eodem modo demonſtrari poſſit, primum terminum habere ad quintum rationem quadruplicatam; ad ſextum quintuplicatam &c. primi ad ſecundum. *Quod erat tertium.*

THEOREMA 45.

217. *Si fuerit quæcunque quantitatum A, B, C, D, E, F &c. ſeries; ratio primæ A ad ultimam F componitur ex rationibus quantitatum extremis interjacentium A : B, B : C, C : D, D : E, E : F &c.*

DEMONSTRATIO.

Si enim omnes antecedentes, itidemque omnes conſequentes in ſe invicem multiplices, facta ABCDE & BCDEF ſunt in ratione compoſita rationum A : B, B : C, C : D, D : E, E : F &c. (§.159). Sed $ABCDE : BCDEF = A : F$ (§.178). Ergo etiam A ad F eſt in ratione compoſita omnium modo recenſitarum (§.167). *Q. e. d.*

THE-

THEOREMA 46.

218. *Rationes compoſitæ ex rationibus, quarum ſingulæ ſingulis æquales ſunt, inter ſe æquales ſunt.*

DEMONSTRATIO.

6:3 = 4:2	
3:1 = 12:4	
5:1 = 20:4	
90:3 = 960:32	
= 30	

Sit A : B = C : D, E : F = G : H, I:K = L: M, *per hypoth.* erit AE : FB = CG : DH (§.213), adeoque & AEI : FBK = CGL : MHD (§.*cit.*). Ratio vero AEI : FBK componitur ex rationibus A:B, E:F & I:K; ratio CGL: DHM ex rationibus C: D, G: H, L: M (§.159). Ergo conſtat propoſitum. *Q. e. d.*

THEOREMA 47.

219. *Si fuerint quatuor quantitates proportionales A, B, C & D, æquemultiplices primæ atque tertiæ A & C, itemque ſecundæ ac quartæ B & D, juxta quamlibet multiplicationem, utraque utramque vel una ſuperant, vel una æquales ſunt, vel una deficiunt, inter ſe comparatæ.*

DEMONSTRATIO.

Denotentur æque multiplices ipſarum A & C per m A & m C, itemque æque multiplices ipſarum B & D. per n B & n D. Cum ſit A : B = C : D, *per hypoth.* erit etiam m A : n B = m C : n D (§. 185), conſequenter mA : mC = nB : n D (§.173). Quamobrem ſi mA = mC, erit nB = nD; ſi mA > mC, etiam nB > nD; ſi m A < mC, etiam nB < nD (§.151). *Q. e. d.*

SCHOLION.

220. *Hac proprietate proportionalium utitur* Euclides (u) *in iis definiendis ac inde ceteras demonſtrat.*

CAPUT IV.

De

SPECIEBUS ARITHMETICÆ IN NUMERIS FRACTIS.

THEOREMA 48.

221. *Si numerator eſt æqualis denominatori, fractio $\frac{4}{4}$ æquivalet integro; ſi minor, fractio $\frac{3}{4}$ minor eſt inte-*

(u) Elem. V. def. 5.

Digitized by Google

integro; ſi major, fractio $\frac{8}{4}$ integro ſeu unitate major eſt.

DEMONSTRATIO.

Denominator enim indicat unitatem ſeu integrum in partes æquales (e. gr. in noſtro caſu in 4) diviſum, & numerator numerat partes iſtiusmodi in caſu aliquo datas (§. 59). Quodſi ergo numerator denominatori æqualis, *per hypoth.* tot dantur partes, quot habet integrum. Ergo fractio integro æqualis (§. 86). *Quod erat primum.*

Si numerator denominatore minor; *per hypoth.* aliquot ſaltem dantur partes integri, non omnes. Ergo fractio tantum aliquot partibus integri æqualis, conſequenter eadem minor (§. 20). *Quod erat ſecundum.*

Si denique numerator major eſt denominatore *per hypoth.* plures dantur partes, quam habet integrum. Sed tot partes, quot habet integrum, integro æquales ſunt (§. 86). Ergo integrum parti fractionis æquale eſt, conſequenter ipſa integro major (§. 20). *Quod erat tertium.*

SCHOLION.

222. Fractiones *integro æquales vel eodem majores dicuntur vulgo* ſpuriæ, *quia proprie loquendo fractiones non ſunt niſi quæ integro minores.* (§. 38).

PROBLEMA 17.

223. *Invenire, quot integra fractio, quæ integro major* ($\frac{8}{4}$), *contineat.*

RESOLUTIO.

Numerator 8 per denominatorem 4 dividatur; dico, quotum 2 indicare, quod petebatur.

DEMONSTRATIO.

Quotus enim 2 indicat, quoties denominator 4 in numeratore 8 contineatur (§. 69). Sed denominator idem eſt cum integro (§. 59). Ergo quotus indicat, quoties integrum in fractione contineatur. Q. e. d.

PROBLEMA 18.

224. *Integros numeros reducere ad fractionem denominatoris dati.*

RESOLUTIO.

1. Multiplicetur numerus integer per denominatorem datum.
2. Factum ſcribatur loco numeratoris. Ita reperies $3 = \frac{24}{8}$, $5 = \frac{30}{6}$, $7 = \frac{28}{4}$.

DEMONSTRATIO.

Eſt nempe factum ad denominatorem datum, ut numerus integer ad unitatem (§. 66. 169). Sed unitas & denominator datus ſunt idem

idem integrum (§.59). Ergo fractio & numerus integer æquales ſunt (§.177). *Q. e. d.*

THEOREMA 49.

225. *Fractiones homogeneæ æquales ſunt, quarum numeratores ad ſuos denominatores eandem rationem habent; major eſt, cujus numerator habet rationem majorem; minor vero, cujus numerator habet minorem.*

DEMONSTRATIO.

Cum fractiones inter ſe ſint homogeneæ, *ex hypoth.* ad eandem unitatem referuntur (§.35), adeoque ipſarum denominatores idem totum referunt (§.59). Quare ſi numeratores ad ſuos denominatores eandem rationem habent; fractiones æquales ſunt (§. 177): cujus vero fractionis numerator ad denominatorem ſuum rationem majorem habet, ea major eſt; cujus numerator minorem habet, ea minor eſt (§.204). *Q. e. d.*

E.gr. $\frac{3}{6} = \frac{4}{8} = \frac{5}{10} = \frac{15}{30} = \frac{1}{2}$. Sed $\frac{3}{24} < \frac{2}{6}$.

SCHOLION.

226. *Intelligitur adeo identitas fractionum, ſi numerator unius toties continetur in denominatore ſuo, quoties numerator alterius in ſuo continetur. Fractio minor eſſe intelligitur, ſi numerator ipſius pluries continetur in ſuo denominatore, quam numerator alterius in denominatore ſuo: id quod diviſio denominatoris per numeratorem prodit.*

COROLLARIUM.

227. Quodſi ergo tam numerator, quam denominator alicujus fractionis ($\frac{4}{6}$) per eundem numerum (1) multiplicetur vel dividatur; in caſu priore facta ($\frac{8}{24}$), in poſteriore quoti ($\frac{2}{3}$) conſtituunt fractionem datæ ($\frac{4}{6}$) æquivalentem (§. 178. 181).

PROBLEMA 19.

228. *Invenire communem menſuram maximam duorum numerorum.*

RESOLUTIO.

1. Dividatur numerus major per minorem.
2. Diviſor primæ diviſionis ſeu numerus datus minor denuo dividatur per reſiduum primæ diviſionis.
3. Similiter diviſor ſecundæ diviſionis dividatur per reſiduum ſecundæ & ita porro, donec nihil remaneat.

Dico, diviſorem ultimum eſſe communem menſuram maximam numerorum datorum.

E. gr. *S*int numeri dati 168 & 240, reperietur eorum communis menſura maxima 24 hunc in modum:

```
7
182           24            1
240 ( 1       168 ( 2       72 ( 3
168           72            24
```

 Simi-

Similiter communis menſura maxima numerorum 95 & 47 reperitur 1.

DEMONSTRATIO.

Diviſor ultimus 24 metitur diviſorem antecedentis (in noſtro quidem caſu ſecundæ) diviſionis 72, (*per hypoth. &* §. 74). Ergo & metitur dividendum antecedentis (hoc eſt, in noſtro caſu ſecundæ) diviſionis 168, quippe ex dividendo ultimæ diviſionis 72, aliquoties (hic quidem bis) ſumto & ejus diviſore 24 compoſitum. Metitur adeo numerum unum datorum 168 & reſiduum primæ diviſionis 72, adeoque & numerum alterum datorum 240, quippe ex minore 168 aliquoties (in noſtro caſu ſemel) ſumto & reſiduo primæ diviſionis 72 compoſitum. Eſt itaque communis numerorum datorum menſura (§. 78).

Eſſe vero communem menſuram maximam ordine retrogrado per indirectum demonſtratur. Ponamus enim numero invento 24 majorem eſſe menſuram numerorum datorum 240 & 168 communem. Patet igitur ex antecedentibus, quod etiam metiri debeat reſiduum primæ ſeu diviſorem ſecundæ diviſionis 72, adeoque & reſiduum ſecundæ diviſionis ſeu diviſorem tertiæ, hoc eſt, in noſtro caſu inventam communem menſuram 24. Sed numerus is eadem major eſt, *ex hyp.* Ergo communem menſuram inventam 24 metietur numerus major, quam 24: Quod cum ſit abſurdum (§. 74) major communis menſura non datur. Eſt igitur ea, quam invenimus, maxima. *Q. e. d.*

SCHOLION. 1.

229. *Qui demonſtrationem uno quaſi obtutu comprehendere cupiunt; illos hac numerorum datorum reſolutio juvabit.*

I. $72 = 3 . 24$, per diviſ. tert.

II. $168 = 2 . 72 + 24$, per diviſ ſec. $= 2 . 3 . 24 + 24$, per num. I. $= 7 . 24$

III. $240 = 1 . 168 + 72$ per diviſ. prim. $= 7 . 24 + 3 . 24$ per num. I & II $= 10 . 24$.

SCHOLION 2.

230. *In lineis communis menſura maxima invenitur per mutuam earundem a ſe invicem ſubtractionem. In numeris autem compendii gratia diviſio ſubtractioni ſubſtituitur: ut exemplum oſtendit.*

240	96	48
168	72	24
72	24	24
96	48	0

PROBLEMA 20.

231. *Fractionem datam ad minores terminos reducere, h. e. invenire fractionem datæ ($\frac{20}{48}$) æquivalentem, ſed minoribus numeris expreſſam.*

RESO-

Digitized by Google

RESOLUTIO.

Dividatur tam numerator 20, quam denominator 48 per eundem numerum 4, qui utrumque metitur: quoti 5 & 12 componunt fractionem quæſitam $\frac{5}{12}$ (§.227).

COROLLARIUM 1.

232. Si ergo diviſio fit per communem menſuram maximam numeratoris ac denominatoris (§.228); fractio ad terminos minimos reducitur.

COROLLARIUM. 2.

233. Si numeratorem ac denominatorem fractionis datæ ſola unitas metitur; ad minores terminos reduci nequit.

SCHOLION.

234. *Moleſtius accidit inexercitatis communem menſuram maximam quærere, quam iterata per menſuras minores ſponte animadverſus diviſione fractiones reducere.*

PROBLEMA 21.

235. *Duas vel plures fractiones datas ad eandem denominationem reducere, h.e. invenire fractiones, quæ datis æquales ſunt & communi denominatore gaudent.*

RESOLUTIO.

Caſus I. Si fractiones duæ dentur, quælibet integra multiplicetur per denominatorem alterius.

E. gr. 5) $\frac{2}{3}$. 3) $\frac{4}{5} = \frac{10}{15}$. $\frac{12}{15}$

Caſus II. Si plures dentur, tam numerator, quam denominator uniuscujusque ducatur in factum ex denominatoribus reliquarum.

E. gr. 24) $\frac{2}{3}$. 12) $\frac{1}{6}$. 18) $\frac{3}{4} = \frac{48}{72}$. $\frac{12}{72}$. $\frac{54}{72}$.

DEMONSTRATIO.

Fractiones communem habere denominatorem, patet per §.93 & §.207.208. Quod vero æquivaleant primum propoſitis, manifeſtum eſt per §.227. Conſtat ergo propoſitum. *Q.e.d.*

PROBLEMA 22.

236. *Fractiones addere.*

RESOLUTIO.

1. Si fractiones datæ diverſos denominatores habuerint, reducantur ad eandem (§.235).
2. Addantur numeratores (§.96) & ſummæ ſubſcribatur denominator communis.

E. gr. $\frac{2}{3} + \frac{4}{5} = \frac{10}{15} + \frac{12}{15}$ (§.235) $= \frac{22}{15} = 1\frac{7}{15}$ (§.223). $\frac{2}{3} + \frac{1}{6} + \frac{3}{4} = \frac{48}{72} + \frac{12}{72} + \frac{54}{72}$ (§.235) $= \frac{114}{72} = 1\frac{42}{72}$ (§.223) $= 1\frac{7}{12}$ (§.231).

DEMONSTRATIO.

Cum denominatores ſint nomina unitatum, ex quibus numeratores componuntur (§. 59); numeratores tantum adduntur. Quoniam vero addi nequeunt, niſi fuerint homogenei (§. 61); ad eandem denominationem ſunt reducendi (§.35). *Q.e.d.*

PROBLEMA 23.

237. *Fractionem datam ex alia data ſubtrahere.*

RESOLUTIO.

1. Si fractiones datæ diverſos habent denominatores, reducantur ad eandem denominationem (§. 235).
2. Numerator unius ex numeratore alterius ſubducatur (§. 103) & reſiduo denominator communis ſubſcribatur.

E. gr. $\frac{3}{4} - \frac{1}{4} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ (§. 231) & $\frac{3}{5} - \frac{1}{2} = \frac{6}{10} - \frac{5}{10}$ (§. 235) $= \frac{1}{10}$.

THEOREMA 50.

238. *Fractio æquatur Numeratori per denominatorem diviſo, hoc eſt,* $\frac{3}{4} = 3:4$.

DEMONSTRATIO.

Eſt enim fractio $\frac{3}{4}$ ad unitatem ſeu integrum ut numerator 3 ad denominatorem 4 (§. 38. 59). Quare cum ſit ut antecedens ad conſequentem ita exponens rationis ad unitatem (§. 140), ſi antecedens ſumatur numerator 3, conſequens denominator 4, erit fractio $\frac{3}{4}$ exponens rationis (§. 177). Æquatur ergo fractio numeratori per denominatorem diviſo (§. 136). *Q. e. d.*

PROBLEMA 24.

239. *Fractionem per fractionem multiplicare.*

RESOLUTIO.

Ducatur numerator unius fractionis in numeratorem, & denominator unius in denominatorem alterius; facta conſtituunt fractionem quæſitam.

E. gr. $\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$ (§. 231).

DEMONSTRATIO.

Sit $\frac{A}{B}$ ($\frac{2}{3}$) $= A:B$ (§. 238) $= F$ & $\frac{C}{D}$ ($\frac{1}{2}$) $= C:D$ (§. *cit.*) $= G$. erit $B:A = 1:F$ & $D:C = 1:G$ (§. 69). Ergo $BD:AC = 1:FG$ (§. 213), hoc eſt, $AC:BD$ ($\frac{2}{3}:\frac{1}{2}$) $= FG:1$ (§. 169) $= FG$ ($\frac{2}{6}$). *Q. e. d.*

SCHOLION 1.

240. *Non mirum, quod factum factoribus minus, cum revera diviſio ſit, quæ multiplicatio vocatur. E. gr.* $\frac{2}{3}$ *multiplicare per* $\frac{1}{2}$ *idem eſt ac invenire dimidium duarum partium tertiarum.*

SCHOLION. 2.

241. *Hinc fractionum multiplicatio ſequente modo facilius demonſtratur.* Si fractio $\frac{4}{5}$ multiplicanda per $\frac{2}{3}$, duæ partes tertiæ quatuor quintarum inveniendæ. Data igitur fractio $\frac{4}{5}$ inſtar totius conſiderata dividenda eſt in tot partes æquales, quot multiplicatoris denominator 3 habet unitates, ſcilicet in noſtro caſu in tres, & pars iſta multiplicanda per numeratorem multiplicatoris, nempe hic per 2 (§. 59).

SCHOLION. 3.

242. *Vix autem opus eſt ut annotemus, ſi fractio per numerum integrum multiplicanda, ducendum eſſe ſolum numeratorem*

Digitized by Google

torem in integrum numerum datum. E. gr. factum ex $\frac{3}{7}$ in 2 eſt $\frac{6}{7}$.

PROBLEMA 25.

243. *Fractionem $\frac{4}{5}$ per aliam fractionem $\frac{2}{3}$ dividere.*

RESOLUTIO.

1. Diviſor invertatur. E.gr. loco $\frac{2}{3}$ ſcribe $\frac{3}{2}$.
2. Diviſor inverſus ducatur in dividendum (§. 239): quod prodit $\frac{12}{10}$ ſeu $1\frac{1}{5}$ (§. 223) eſt quotus quæſitus.

DEMONSTRATIO.

Quoniam diviſor ad dividendum ut unitas ad quotum (§. 69); erit etiam dividendus ad diviſorem ut quotus ad unitatem (§. 169). Quodſi fractiones ad eandem denominationem reducantur (§. 235), cum eædem ſint æquales quotis ex diviſione numeratorum per denominatorem communem (§. 238); erit Numerator fractionis dividendæ ad Numeratorem dividentis ut fractio dividenda ad fractionem dividentem (§. 181), conſequenter in hoc caſu numerator dividendæ ad Numeratorem dividentis ut quotus ad unitatem (§. 167). Quare fractiones datæ ad communem denominatorem reducendæ ſunt & numerator dividendæ per numeratorem dividentis dividi debet, ut habeatur quotus ex diviſione fractionis dividendæ per diviſionem emergens (§. 177). Enimvero dum fractiones duæ ad eandem denominationem reducuntur, numerator primæ enaſcitur ex numeratore ipſius dato in denominatorem ſecundæ, numerator vero ſecundæ ex ipſius numeratore dato in denominatorem primæ ducto (§. 235). Obtinemus adeo numeros, ex quorum diviſione quotus quæſitus emergit, ſi diviſor inverſus juxta §. 239 in fractionem dividendam ducatur. *Q.e.d.*

SCHOLION.

244. *Neque vero mirum eſt, quod quoti numeri integri eſſe poſſint. Una enim fractio alteram ter, quater, millies &c. continere poteſt. Apparet adeo, cum fractiones ſint rationes (§. 141), eas dividere idem eſſe ac rationum rationes inveſtigare*

PROBLEMA 26.

245. *Integrum 3 per fractionem $\frac{4}{7}$ dividere.*

RESOLUTIO.

1. Diviſor invertatur, ut in problemate præcedente (§. 243). E. gr. loco $\frac{4}{7}$ ſcribe $\frac{7}{4}$.
2. Numerus integer datus 3 ducatur in Numeratorem 7 diviſoris inverſi.
3. Facto ſubſcribatur ejusdem denominator 4: quod prodit $\frac{21}{4}$ ſive $5\frac{1}{4}$ eſt quotus quæſitus.

DEMONSTRATIO.

Eadem eſt cum demonſtratione problematis præcedentis (§. 243).

CAPUT

CAPUT V.

De

POTENTIIS NUMERORUM, GENESI PRÆSERTIM AC ANALYSI NUMERORUM QUADRATORUM ET CUBICORUM.

DEFINITIO 53.

246. Si numerus quicunque 2 in ſe ipſum ducatur, factum 4 *Numerus quadratus*; ipſe autem hujus intuitu *Radix quadrata* appellatur.

COROLLARIUM.

247. Cum ſit ut unitas ad radicem quadratam, ita radix ad ipſum quadratum (§. 66. 246); erit radix media proportionalis inter unitatem & quadratum (§. 156).

DEFINITIO 54.

248. Si numerus quadratus 4 porro per radicem 2 multiplicetur; factum 8 dicitur *Numerus Cubicus* ſeu *cubus*, & radix 2 ejus intuitu *Radix cubica*.

COROLLARIUM.

249. Cum ſit ut unitas ad radicem, ita radix ad quadratum (§. 66. 246) & ut unitas ad radicem ita quadratum ad cubum (66. 248); erit etiam radix ad quadratum ut quadratum ad cubum (§. 167), hoc eſt, unitas, radix, quadratum & cubus in continua proportione progrediuntur (§. 156) & radix cubica eſt primus ex duobus numeris mediis continue proportionalibus inter unitatem & cubum.

DEFINITIO 55.

250. Cum iſtiusmodi multiplicatio in infinitum continuari poſſit; facta inde genita generali *poteſtatum, potentiarum, dignitatum* nomine appellari ſolent. *Vieta* eadem *Magnitudines ſcalares* vocat.

DEFINITIO 56.

251. *Exponens dignitatis* eſt numerus, qui indicat, quoties dignitas data per radicem dividenda, antequam ad unitatem perveniatur. Ita exponens quadrati eſt 2, cubi 3 (§. 246. 248),

DEFINITIO 57.

252. Hodie tantum non omnes dignitates optime diſtinguunt per exponentes, ita ut radix dicatur *dignitas prima*, quadratum *ſecunda*, cubus *tertia* &c. Qui Arabes ſequun-

ſequuntur, ſingulis potentiis peculiaria imponunt nomina, diverſa tamen ab iis, quibus cum *Diophanto*(x) utuntur *Vieta* (y) & *Oughtredus* (z). Nomina Arabum ſunt: *Radix*, *Quadratum*, *Cubus*, *Quadratoquadratum*, ſeu *biquadratum*, *Surdeſolidum*, *Quadratum Cubi*, *Surdeſolidum ſecundum*, *Quadratiquadrati quadratum*, *Cubus cubi*, *Quadratum Surdeſolidi*, *Surdeſolidum tertium* &c. Nomina Diophanti ſunt: *Latus* ſeu *Radix*, *Quadratum*, *Cubus*, *Quadratoquadratum*, *Quadratocubus*, *Cubocubus*, *Quadratoquadratocubus*, *Quadratocubocubus*, *Cubocubocubus* &c.

SCHOLION.

253. *Multi quadratum vocant* Zenſum. *Hinc compoſita:* Zenſizenſus, Zenſicubus, Zenſizenzenſus, Zenſurdeſolidus &c.

HYPOTHESIS 12.

254. *Qui Arabum denominationibus uſi, potentiarum ſignis ſequentibus utuntur:* 1. R, 2. ℨ/ 3. C, 4. ℨℨ/ 5. ß/ 6. ℨC, 7. Bß/ 8. ℨℨℨ/ 9. CC, 10 ℨß/ 11. Cß &c. *Multo commodius* Carteſius (a) *monito* Kepleri (b) *obſecutus radici ſuperius a dextris jungit exponentem*, e. gr. *ſi* a *fuerit radix, erunt potentiæ ipſam ſequentes* a^2, a^3, a^4, a^5, a^6 &c. *vel, ſi* a = 2, 2^2, 2^3, 2^4, 2^5, 2^6, &c. *ita ut ſit* $2^2 = 4$, $2^3 = 8$, $2^4 =$ 16 &c.

DEFINITIO 58.

255. *Quantitatem ad dignitatem deſideratam evehere* idem eſt ac invenire factum ex ipſa aliquoties in ſe ducta emergens. E. gr. 2 evehere ad dignitatem tertiam idem eſt ac invenire factum 8, cujus factores 2. 2. 2.

DEFINITIO 59.

256. *Ex dignitate data radicem extrahere, vel latus educere* idem eſt ac invenire numerum 2, qui aliquoties in ſe ipſum ductus datam potentiam (e. gr. tertiam) 8 producit.

SCHOLION.

257. *Cum dignitates ſuperiores nonniſi in Analyſi uſum habeant; in præſenti geneſin & analyſin quadratorum & cuborum tantum tradimus. Radices vero quadratas ac cubicas extracturus omnium digitorum numeros quadratos & cubicos noſſe debet, quos ſequens tabula exhibet:*

Radices.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Quadrati	1	4	9	16	25	36	49	64	81
Cubici	1	8	27	64	125	216	343	512	729

L DE-

(x) in libris Arithmeticorum. (y) in Iſagoge in Artem Analyt. c. 3. f. m. 3.
(z) in Clave Mathem. c. 12. p. m. 34. (a) in Geometria. (b) Harmonices mundi lib. 1. f. 35. 36.

DEFINITIO 60.

258. *Radix* tam quadrata, quam cubica, aut dignitatis ſuperioris cujuscunque dicitur *binomia*, ſi ex duabus; *trinomia*, ſi ex tribus; *multinomia* ſive *polynomia*, ſi ex pluribus, quam duabus partibus conſtat.

THEOREMA 51.

259. *Potentiæ ejusdem gradus ſunt in ratione tantuplicata laterum, quot unitates habet exponens earundem, hoc eſt, quadrata habent rationem duplicatam, cubi triplicatam, quadrato quadrata quadruplicatam &c. rationem ſuarum radicum.*

DEMONSTRATIO.

Potentiæ oriuntur, ſi radices A & B aliquoties in ſeipſas ducas (§. 250). Quare cum eadem radix A ad eandem radicem B eandem habeat rationem; ratio quadratorum componitur ex duabus, cuborum ex tribus, quadrato-quadratorum ex quatuor &c. reliquarum potentiarum ex tot rationibus ſimilibus, quot exponens earundem habet unitates. Ergo quadrata habent rationem duplicatam, cubi triplicatam &c. ceteræ potentiæ rationem tantuplicatam ſuarum radicum, quot unitates habet exponens earundem (§.159).

THEOREMA 52.

260. *Quantitatum proportionalium potentiæ eædem ſunt etiam proportionales.*

DEMONSTRATIO.

Habent enim potentiæ eædem rationem multiplicatam ipſarum A : B, B : C, C : D, D : E &c. vel A : B, C : D, E : F &c. (§.259). Sed hæ rationes omnes inter ſe eædem ſunt *per hypoth.* Ergo potentiæ iſtæ v. gr. A^3, B^3, C^3, D^3, E^3, &c. conſtituunt rationes compoſitas ex rationibus, quarum ſingulæ ſingulis æquales ſunt (§.259), conſequenter eaſdem (§.218), ergo adeo proportionales ſunt (§.155). *Q. e. d.*

THEOREMA 53.

261. *Numerus quadratus radicis binomiæ componitur ex quadrato partis primæ, ex facto dupli primæ in alteram & ex quadrato partis alterius.*

DEMONSTRATIO.

Prodit enim numerus quadratus, ſi radix in ſeipſam ducitur (§. 246). Utraque vero pars radicis ſigillatim ducitur in utramque ſimul (§.111) Quare productum componi debet 1. ex facto partis primæ in ſeipſam, hoc eſt, ex quadrato partis primæ (§.246), 2 ex facto partis primæ in ſecundam & ex facto ſecundæ in primam, hoc

eſt,

Digitized by Google

eſt, ex duplo facto primæ in ſecundum, ſeu ex facto dupli primæ in ſecundam (§.207.208), 3 ex facto partis ſecundæ in ſeipſam, hoc eſt, ex quadrato partis ſecundæ (§.246). *Q. e. d.*

SCHOLION.

262. *Demonſtratio ocularis, ſi in quocunque exemplo ſingulari multiplicatio non actu peragitur, ſed ſaltem indicatur: quo in caſu exempli univerſalis vices tuetur, id nimirum non infelicius quam figura in Geometria repræſentans, quod ſingularia in univerſum omnia commune habent. E. gr. ſit radix binomia* 34 *aut* 30 + 4; *erit*

30 + 4 *Radix binomia*
30 + 4

16 *Quadratum partis II.*
120 } *Facta ex I in II.*
120
900 *Quadratum partis I.*

1156 *Quadratum totius.*

Egregium hoc artificium vires imaginationis mire extendit & intellectum juvat tam in demonſtrationibus concipiendis, quam in propoſitionibus inveniendis.

COROLLARIUM 1.

263. Cum pars dextra ſive ſecunda inter unitates, ſiniſtra ſive prima inter decades locum obtineat (§ 50); quadratum illius in loco dextimo, factum ex unius duplo in alteram in ſecundo, quadratum denique in tertio a dextimo terminari debet (§.49).

SCHOLION 2.

264. *Scilicet quadratum partis dextimæ nullam adjunctam habet cyphram; duplo facto ex parte una in alteram cyphra una, quadrato autem partis ſiniſtræ duæ adjunguntur, ut numeri ſolitarie poſiti juſtum locum nanciſcantur* (§.49).

COROLLARIUM 2.

265. Si radix multinomina fuerit; partes duæ aut plures ſiniſtimæ habeantur pro una, & exemplo patebit, quadratum numeri cujuscunque componi ex quadratis ſingularum partium & factis ex duplo partis cujuslibet in omnes ipſa ſiniſteriores: ut adeo theorema unum compoſitioni omnium numerorum quadratorum ſufficiat.

SCHOLION 3.

266. *Sit radix* 346: *ſumatur* 340 *pro parte una & 6 pro altera; erit* (§.261)

340 + 6
340 + 6

36 *Quadratum partis* III.
2040 } *Facta ex parte* III *in* I *&* II *ſimul*
2040
1600 *Quadratum partis* II.
12000
12000 } *Facta ex* I *in* II.
90000 *Quadratum partis* I.

119716 *Quadratum totius.*

COROLLARIUM 3.

267. Quonam in loco ſingula producta terminentur, ex corollario primo & ejus ſcholio intelligitur (§. 263. 264). Habenda nimirum eſt ratio cyphrarum numeris in ſe invicem ductis adjungendarum, ſi ſolitarii ponantur, ut juſtum locum nanciſcantur (§.49).

L 2 *SCHO-*

Digitized by Google

SCHOLION 4.

268. *Extractio radicis quadratæ, alias tædii plena, facillima evadit, ubi quadratis per theorema præſens componendis operam prius impenderis.*

PROBLEMA 27.

269. ***Ex numero quocunque dato radicem quadratam extrahere.***

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

1. Numerus propoſitus diſtinguatur in claſſes, binas notas claſſi unicuique aſſignando, initio a dextra facto. Tot enim erunt partes radicis, quot claſſes habentur (§. 265. 267). Notandum vero, quod claſſi ſiniſtimæ interdum nonniſi nota unica relinquatur.
2. Jam cum in claſſe ſiniſtima reperiatur quadratum notæ ſiniſtimæ radicis (§. *cit.*); in Tabula radicum (§. 175) quæratur numerus quadratus ei, qui claſſem ſiniſtimam occupat, vel æqualis, vel eodem proxime minor, & ex ipſo ſubtrahatur; radix vero ejus poſt lunulam ſcribatur.
3. Quoti inventi duplum ponatur ſub nota ſiniſtima claſſis ſubſequentis & inde porro ſiniſtrorſum, ſi ex notis pluribus conſtiterit. Inveſtigetur novus quotus *per abacum Pythagoricum* (§. 109), inventusque poſt lunulam ſcribatur: eſt enim pars ſecunda radicis (§. 261. 210).
4. Idem quotus ponatur ſub nota dextima illius claſſis & factum ex numero ſubſcripto integro in diviſorem (§. 263) ſubducatur, ut in diviſione moris eſt.
5. Quodſi operatio juxta regulam tertiam & quartam in reliquis claſſibus iteretur; prodibit radix quæſita (§. 265. 267).

Er.

```
11|56(34        11|97|16(346
 9|::            9|::|::
--|--         ----|--|--
 2|56            2|97|::
   64             64|::
  256            256|::
 ----         ------|--
    0             41|16
                   6|86
                  41 16
                 ------
                    0
```

PROBLEMA 28.

270. *Radicem quadratam ex fractione data extrahere, cujus numerator & denominator eſt numerus quadratus.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Quoniam numerum fractum per fractum multiplicans unius numeratorem in numeratorem alterius

terius & denominatorem pariter in denominatorem alterius ducit (§.239), quadratum autem ex ductu ejuſdem numeri in ſeipſum enaſcitur (§.246); radicem quadratam extracturus eam ſigillatim ex numeratore ac denominatore extrahere tenetur.

Ita radix quadrata ex $\frac{4}{9}$ eſt $\frac{2}{3}$, ex $\frac{49}{144}$ vero $\frac{7}{12}$

COROLLARIUM 1.

271. Cum numeri integri ad fractionem denominatoris dati reducantur, ſi per hunc multiplicentur & facto tanquam numeratori denominator datus ſubſcribatur (§.224); ſi numerus datus, qui quadratus non eſt, ad fractionem reducatur, cujus denominator eſt quadratus & ex fractione extrahatur radix (§. 270): quæ prodit, fractio radicem prope veram exhibet in iſtiusmodi partibus, quas denominatoris quadrati radix indicat.

SCHOLION 1.

272. *E.gr. Si ex 2. extrahenda radix prope vera, quæ non deficiat in partibus ſextis; duc 2 in 36, ut prodeat fractio $\frac{72}{36}$, cujus radix $\frac{8}{6}$ ſive $1\frac{2}{6}$ exhibet radicem a vera magnitudine parte ſexta non differentem, ſeu cujus defectus minor eſt quam $\frac{1}{6}$.*

COROLLARIUM 2.

273. Quoniam numerum per articulum primarium, veluti 10, 100, 1000 &c. multiplicaturus eidem non niſi cyphras 0, 00, 000 &c. unitati adhærentes adjungere teneris (§. 112); radicem prope veram in fractionibus decimalibus deſiderans numero, qui quadratus non eſt, 2, 4, 6 &c. cyphras junge dextrorſum & operationem continua: ita enim prodibit radix prope vera in partibus decimis, centeſimis, milleſimis &c.

SCHOLION 2.

274. E. gr. *Sit extrahenda radix quadrata ex 345; prodibit $\frac{1857}{100}$.*

```
  3|45( 18 57/100
  4|::
 ---------
  2|45
  (28)
  224|
 -----
     2.1.|0.0
     (3  |05)
    1 8 2 5
 -------------
     27.5.|00
     (37  |07)
 --------------
      25949
 -------------
       1551
```

SCHOLION 3.

275. *Si tabulis numerorum quadratorum pro radicibus ab 1 usque ad 1000 utaris; in iis evolvi poteſt numerus quadratus proxime minor eo, qui tres claſſes fini-*

Digitized by Google

8|69 7.5	(	$294\frac{9}{10}$
8|64|36		
539.|0.0		
(58|89)		
530 01		
·899		

ſiniſteriores occupat. Ita ſine ullo labore habentur tres notæ priores, e. gr. in noſtro caſu 294. Plures notæ una inveniuntur, ſi tabula longius extendantur.

THEOREMA 54.

276. *Numerus cubicus radicis binomiæ componitur ex numeris cubicis duarum partium, ex facto tripli quadrati partis primæ in ſecundam & ex facto tripli quadrati partis ſecundæ in primam.*

DEMONSTRATIO.

Numerus cubicus prodit, ſi quadratum per radicem multiplicetur (§. 248). Sed quadratum radicis binomiæ componitur ex quadratis partium & facto duplo ex parte una in alteram (§. 261). Quare cubus componitur ex cubo partis primæ, ex triplo facto quadrati partis primæ in ſecundam, ex triplo facto quadrati partis ſecundæ in primam, hoc eſt, ex facto tripli quadrati partis primæ in ſecundam, & facto tripli quadrati partis ſecundæ in primam (§. 207) atque ex cubo partis ſecundæ (§. 246. 248). *Q. e. d.*

SCHOLION 1

277 *Demonſtrationem ocularem denuo ſiſtit exemplum ſingulare, in quo multiplicatio tantum indicatur. Sit e. gr. radix 34 ſeu 30 + 4, erit*

30+4	*Radix*
16	*Quadrat. part. II.*
120 }	*Facta ex I in II*
120 }	
900	*Quadrat. part. I.*
64	*Cubus part. I.*
480 }	*Facta ex quadrat. II in I.*
480 }	
3600	*Factum ex quadrat. I in II.*
480	*Fact. ex quadrat. II in I.*
3600 }	*Facta ex quadrat. I in II.*
3600 }	
27000	*Cubus part. I.*
39304	*Cubus totius.*

COROLLARIUM 1.

278. Cum pars dextra inter unitates, ſiniſtra inter decades locum obtineat (§. 5); numerus cubicus dextræ in loco dextimo, factum ex triplo quadrato ejus in ſiniſtram in ſecundo, factum ex triplo quadrato ſiniſtræ in dexteram in tertio, cubus denique partis ſiniſtræ in quarto loco terminatur (§. 49).

COROLLARIUM. 2.

279. Si radix multinomia fuerit, duæ vel plures notæ dextimæ pro una habentur, ut binomiæ formam mentiatur; extemplo patet, quod cubus quicunque componatur ex cubis ſingularum partium radicis & ex factis tripli quadrati quarumlibet ſiniſteriorum in proxime dexte-

Digitized by Google

dexteriorem, itemque ex factis tripli quadrati cujuslibet dexterioris in omnes ſiniſteriores.

SCHOLION 2.

280. *Sit radix 346. Sume 340 pro parte una radicis, erit 6 pars altera, conſequenter* (§. 276).

346	
346	
90000	*Quadrat. part.* I.
12000	*Facta ex* I *in* II.
12000	
1600	*Quadrat. part.* II.
115600	*Quadrat.* I & II *ſimul*
2040	*Facta ex* III *in* I & II
2040	*ſimul.*
36	*Quadrat. part.* III.
27000000	*Cubus part.* I.
.3600000	*Facta ex quadr.* I *in* II.
.3600000	
.480000	*Fact. ex quadr.* II *in* I.
.3600000	*Fact. ex quadr.* I *in* II.
.480000	*Fact. ex quadr.* II *in* I.
.480000	
.64000	*Cubus part.* II.
.693600	*Facta ex quadr.* I & II
.693600	*ſimul in* III.
.12240	*F. ex quad.* III *in* I & II *ſim.*
.693600	*F. ex quadr.* I & II *ſim. in* III.
.12240	*Fact. ex quadr.* III *in* I &
.12240	II *ſimul.*
216	*Cubus part.* III.
41421736	*Cubus totius.*

Notandum ſcilicet, ſectionem numeri in duas partes aquales arbitrariam eſſe, cumque theorema generaliter de radice utcunque in duas partes aquales diviſa loquatur, idem quoque ad quamlibet ſectionem applicari poſſe. E. gr. *numerus 346 non modo ſtante theoremate in 340 & 6, vel in 300 & 46, verum etiam in 195 & 151, in 89 & 257, & in duas quaſcunque alias partes dividi poteſt: id quod etiam tentanti palam fit. Ceterum idem valere in numeris quadratis, immo in genere in potentiis quibuscunque, me tacente intelligitur.*

COROLLARIUM 3.

281. In quibus autem locis ſingula terminentur facta, ex corollario primo (§ 278) colligitur: habenda nimirum & hic eſt ratio cyphrarum numeris in ſe invicem ductis adjungendarum, ſi ſolitarii ponantur. *Vide exemplum in ſchol. prac,* (§. 280).

PROBLEMA 29.

282. *Ex numero dato radicem cubicam extrahere.*

RESOLUTIO ET DEMONSTRATIO.

1. Numerus datus diſtinguatur in claſſes, tres notas unicuique aſſignando, initio a dextris facto. Etenim ex tot notis radix componitur, quot claſſes emergunt (§. 278. 281). Notandum vero, non repugnare, ut claſſi ſiniſtimæ una, vel duæ notæ cedant.
2. In Tabula radicum (§. 257) quæratur

Digitized by Google

ratur numerus cubicus eo proxime minor numero, qui in claſſe ſiniſtima continetur, niſi ipſe in eadem inveniatur, atque ab hoc ſubtrahatur; ejus vero radix poſt lunulam ſcribatur: eſt enim pars prima radicis (§. 274).

3. Quoti inventi quadratum triplum (§. 278. 281) ſcribatur ſub nota ſiniſtima claſſis ſubſequentis & inde porro ſiniſtrorſum, ſi ex pluribus notis conſtiterit: quo facto quæratur quotus, qui erit pars ſecunda radicis (§. *cit.* & §. 210).

4. Diviſor ducatur in novum quotum & productum ſub eo deleto ſcribatur, ſub nota vero media claſſis ejusdem terminetur factum ex triplo quadrato novi Quoti in præcedentem; ſub dextima denique cubus novi quoti. Hæc tria facta in unam ſummam collecta ex notis numeri cubici ſupraſcriptis ſubtrahantur (§. *cit.*).

5. Quodſi operatio per reliquas claſſes juxta regulam tertiam & quartam continuetur; prodibit radix quæſita (§. 275).

E. gr   47 | 437 | 928 (362
27 |
— | —
20 | 437 |
Diviſor (2 | 7)..
Fact. ex D. in Q. 16 2 ..
Fac. ex 3 □N. Q. in pr. 3 2 4.
Cubus N. Q. 216
Summa factor. 19656
7 8 1 | 9 2 8
Diviſor (3 8 8 | 8)..
Fact. ex Div. in Q. N. 777 6 ..
Fact. ex 3 □N. Q. in pr. 4 3 2.
Cubus N. Q. 8
Summa factorum 781928

000000

PROBLEMA 30.

283. *Radicem cubicam ex fractione extrahere, cujus numerator & denominator cubus eſt.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Eodem, quo ſupra (§. 270), modo patet, radicem ſigillatim ex numeratore ac denominatore extrahendam eſſe.

Ita radix ex $\frac{27}{343}$ eſt $\frac{3}{7}$, ex $\frac{64}{729}$ vero $\frac{4}{9}$.

COROLLARIUM 1.

284. Hinc porro eodem, quo ſupra, (§. 271), modo conſequitur, radicem prope veram in fractione dati denominatoris inveniri, ſi numerus, qui cubus non eſt, per hujus denominatoris cubum mul-

Digitized by Google

multiplicetur & radici cubicæ ex facto extractæ tanquam numeratori denominator datus ſubjiciatur.

SCHOLION 1.

285. E. gr. *Si ex 12 extrahenda radix cubica prope vera, defectu minore quam $\frac{1}{8}$; ducatur 12 in 512 cubum ipſius 8 & ex facto 6144 extrahatur radix cubica 18, erit $\frac{18}{8}$ ſ. $2\frac{1}{4}$ radix prope vera, cujus defectus eſt minor quam $\frac{1}{8}$.*

COROLLARIUM 2

286. Immo inde ulterius eodem, quo ſupra (§. 273), modo fluit, radicem prope veram in fractionibus decimalibus inveniri, ſi 3, 6, 9 &c. cyphræ numero non cubo dextrorſum pro decimis, centeſimis, milleſimis &c. partibus jungantur & operatio (§. 281) continuetur.

SCHOLION. 2.

287. E. gr. *Sit extrahenda radix cubica ex 3; eam reperies* $1\frac{44}{100}$.

```
  3 ( 1 44/100
  1
  ------------
  2.|0.0.0
    |3 . .
  1 2 . .
    4 8 .
      6 4
  ------------
    1 7 4 4
  ------------
      2 5 6.|0.0.0
        5 8 |8 . .
      2 3 5  2 . .
           6 7 2 .
               6 4
  ------------------
      2 4 1 9 8 4
  ------------------
          1 4 0 1 6
```

SCHOLION. 2.

288. *Si tabulis numerorum cubicorum utaris, idem opera compendium facere licet, quod ſupra (§. 275) in extrahenda radice quadrata commendavimus.*

PROBLEMA 31.

289. *Examinare extractionem radicis quadratæ ac cubicæ.*

RESOLUTIO.

I. Radix quadrata inventa ducatur in ſe ipſam & facto reſiduum, ſi quod fuerit, addatur. Quodſi numerus prodeat, ex quo radix extracta; erit numerus inventus radix quadrata dati vel exacta, vel (ſi talem non habeat) prope vera (§. 246).

```
   18.57
   1857
 -------
  12999
  9285
 14856
 1857
 -------
 3448449
    1551
 -------
 3450000
```

E. gr. Radicem quadratam prope veram ex 345 ſupra (§. 274) reperimus $18\frac{57}{100}$. Duc radicem 18. 57 in ſeipſam & facto 3448449 adde reſiduum 1551: prodibit numerus 345, ex quo extractio fieri debebat, quatuor cyphris auctus: ut in extractione ad inveniendas centeſimas factum fuerat.

II. Radix cubica inventa ducatur in ſeipſam, & factum denuo in eandem. Producto poſteriori addatur, ſi quod fuerit, reſiduum. Quodſi numerus prodeat,

deat, ex quo extractio facta, operatio rite peracta (§.248).

```
   1.44
   1.44
  ------
    576
   576
  144
  ------
  20736
    144
  ------
  82944
 82944
20736
 -------
2985984
  14016
 -------
3000000
```

E. gr. Superius (§. 287) ex 3 extracta radix eſt $1\frac{44}{100}$. Duc hanc radicem 1.44 in ſeipſam & factum 20736 denuo in 1. 44. Producto alteri 2985984 adde, quod ſupra reſiduum erat, 14016. Aggregatum eſt radix 3 ſex cyphris aucta, ut in operatione factum fuerat.

THEOREMA 55.

290. *Exponens rationis Quadratorum eſt quadratum, cuborum cubus & in genere potentiarum cujuſcunque gradus potentia ejuſdem gradus exponentis radicum.*

DEMONSTRATIO.

Quadrata enim habent rationem duplicatam, cubi triplicatam & in genere potentiæ cujuſcunque gradus rationem multiplicatam ſuarum radicum (§.259) Quare cum exponens rationis compoſitæ ſit æqualis facto, quod producunt exponentes ſimplicium (§. 214), exponens vero rationum ſimplicium, ex quibus componuntur duplicatæ, triplicatæ & in genere multiplicatæ quæcunque, idem ſit (§. 159); exponens rationis duplicatæ erit quadratum (§. 246), triplicatæ cubus (§. 248) & in genere multiplicatæ cujuſcunque potentia exponentis radicum (§. 250). *Q. e. d.*

THEOREMA 56.

291. *Si ex diviſione numeri quadrati per quadratum, cubi per cubum & in genere potentiæ cujuſcunque per aliam ſimilem, numerus integer prodit; etiam ex diviſione radicis per radicem integer prodire debet.*

DEMONSTRATIO.

Quotus ex diviſione numeri quadrati per quadratum, cubi per cubum & in genere potentiæ cujuſcunque per aliam ſimilem emergens eſt exponens rationis quadratorum, cuborum, vel in genere potentiarum ſimilium ſe mutuo dividentium (§. 136), adeoque quadratum, cubus & in genere potentia exponentis rationis radicum (§. 290). Quare cum idem ſit numerus rationalis integer, *per hypoth.* erit idem numerus rationalis integer quadratus, cubus vel potentia alterius gradus: cujus quoniam radix itidem rationalis

integer

integer eſſe debet (§.250); etiam exponens radicum numerus rationalis integer erit. *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

292. Quare ſi radix radicem non metitur, nec quadratum quadratum, nec cubus cubum, nec potentia quæcunque aliam ſimilem metitur (§. 74), conſequenter fractio integro major ex iſtiusmodi quadratis, cubis vel potentiis quibuscunque ſimilibus compoſita ad numerum integrum irreducibilis (§. 223).

THEOREMA 57.

293. ***Si numeri integri non datur radix in integris, nec dabitur per fractos.***

DEMONSTRATIO.

Ponamus dari numerum fractum, qui ſit radix. Ex ejus itaque iterata multiplicatione per ſe ipſum produci debet numerus datus (§. 250). Sed quotiescunque fractum per ſeipſum multiplicas, productum ſemper eſt fractus (§. 239) isque in præſente caſu ad integrum irreducibilis (§ 292). Quare cum numerus datus ſit integer, *ex hypoth.* fractus ejus radix eſſe nequit. *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

294. Jam cum numeri primi in ſe ex nullo alio numero in ſe aliquoties ducto oriantur (§. 75); ex numeris primis in ſe nulla perfecta radix extrahi poteſt in integris (§. 256), adeoque nec per fractos dari poteſt (§ 293).

HYPOTHESIS 13.

295. *Interdum utile eſt, extractionem radicis tantum indicari, præſertim ſi perfecta haberi nequit. Eſt autem ſignum radicale ſequens* $\surd$: *cui in vertice jungitur exponens dignitatis, ſi altioris gradus, quam quadrata.* E. gr. $\sqrt{2}$ denotat radicem ex 2; $\sqrt[3]{5}$ denotat radicem cubicam ex 5.

SCHOLION.

296. *In Geometria & Analyſi demonſtrabitur, tales radices, quæ actu dari non poſſunt, eſſe ad unitatem ut rectam lineam ad rectam aliam, conſequenter numeros* (§. 10) *eosque irrationales, cum ex hypotheſi rationales non ſint. Dicuntur vulgo numeri* ſurdi: *quamvis olim hujus vocis ſignificatus ſtrictior fuerit*(b). *Et olim, & nunc interdum* radicales *nuncupari ſueverunt.*

M 2 CAPUT

(b) Vid. Stifelius in Arithm. integra lib. 2, c. 12 p. 134.

CAPUT VI.

De

REGULIS PROPORTIONUM.

THEOREMA 58.

297. *Si fuerint quatuor quantitates proportionales; factum extremarum æquatur facto mediarum.*

DEMONSTRATIO.

6 : 3 = 8 : 4
4   3
———
24 = 24

A : B = C : D (*per hypoth.* & §. 152). Ergo AD : BC = CD : DC (§. 185). Sed CD = DC (ſ. 207). Igitur AD = BC (§. 149). *Q. e. d.*

THEOREMA 59.

298. *Si fuerint tres quantitates continue proportionales; factum extremarum eſt æquale mediæ quadrato.*

DEMONSTRATIO.

6 : 12 = 12 : 24
12   6
———
144 = 144

Quoniam enim A : B = B : C (*per hypoth.* & ſ. 156. 152); erit AC = BB (§. 297). Sed BB eſt quadratum ipſius B (§. 250). Ergo factum extremarum AC æquatur quadrato mediæ. *Q. e. d.*

THEOREMA 60.

299. *Si quantitas AD producta ex duabus aliis ſe mutuo multiplicantibus A & D fuerit æqualis alteri BC ex duabus aliis B & C eodem modo productæ; erit A : B = C : D.*

DEMONSTRATIO.

6   8
4   3
———
24 = 24
4 : 8 = 3 : 6

AC : AD = C : D (ſ. 178). Sed AD = BC, *per hypoth.* Ergo AC : BC = C : D (§. 168), conſequenter A : B = C : D (§. 181). *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

300. Si ergo in ſerie quatuor quantitatum factum ex ſecunda in tertiam æquale facto ex prima in quartam; erunt quantitates iſtæ proportionales.

PROBLEMA 32.

301. *Inter duos numeros (8 & 72) medium proportionalem invenire.*

RESOLUTIO.

1. Datorum unus 72 multiplicetur per alterum 8 (§. 111).
2. Ex facto 576 extrahatur radix quadrata 24 (§. 269): quæ erit numerus quæſitus (§. 298).

PROBLEMA 33.

302. *Datis tribus numeris 3, 12, 5 quartum; aut duobus, tertium proportionalem invenire.*

RESOLUTIO.

1. Secundus 12 ducatur in tertium 5, aut

Digitized by Google

5, aut in altero caſu ſecundus in ſeipſum.

2. Factum 60 dividatur per primum 3. Quotus 20 eſt quartus, in altero caſu tertius quæſitus.

DEMONSTRATIO.

Si enim terminum ſecundum per tertium, aut in altero caſu ſecundum per ſeipſum multiplicas; factum ex primo in quartum, in caſu altero ex primo in tertium prodit (*§.*297.298*)*. Quodſi ergo hoc per primum dividis; quotus eſt terminus quartus, in caſu altero tertius (§.210). *Q.e.d.*

COROLLARIUM 1.

303. Data quælibet fractio converti poteſt in aliam æqualem datæ denominationis. Quodſi enim *per probl. præſ.* ad denominatorem & numeratorem fractionis datæ atque denominatorem deſideratæ quæratur numerus quartus proportionalis; erit is numerator fractionis quæſitæ (§.225). E gr. ſit fractio $\frac{2}{3}$ convertenda in aliam cujus denominator 24, reperietur ea $\frac{16}{24}$.

3 — 2 — 24
2
——
48

48 (16
3

COROLLARIUM. 2.

304. Quodſi numerus partium, in quas integrum aliquod communi more dividitur, pro denominatore aſſumitur; valor fractionis datæ in menſura vulgari reperitur. E. gr. Cum apud nos thalerus in 24 groſſos dividatur, ex ante allato exemplo apparet, groſſos æquivalere duabus tertiis unius thaleri.

COROLLARIUM 3.

305. Si vero denominator aſſumitur 10, 100, 1000 &c. fractiones datæ in decimales convertuntur. Ita reperiemus $\frac{2}{3} = \frac{666666}{1000000}$ &c. in infinitum; $\frac{4}{5} = \frac{8}{10}$; $\frac{3}{7} = \frac{42857}{100000}$ fere.

SCHOLION 1.

306. *In fractionibus decimalibus denominator omitti ſolet, quia ex meris cyphris & præfixa unitate conſtat. Ejus vero loco punctum* (.) *numeratori præfigitur & loca vacua replentur cyphra, ita ut e.gr. dua cyphra preponantur, ſi fractio milleſimis incipiat. Ita loco* $\frac{23}{100}$ *ſcribimus* 0.23; *loco* $5\frac{47}{10000}$ *ſcribimus* 5.0047. *Eſt vero harum fractionum non exiguus in Matheſi uſus, quas primus in condendis Tabulis ſinuum adhibuit* Johannes Regiomontanus.

SCHOLION 2.

307. *Reſolutio hujus problematis vulgo* Regula trium *appellatur, quia ex tribus numeris invenitur quartus. Uſus ejus ampliſſimus tam in vita communi, quam in ſcientiis. Hinc* Regula aurea *vocatur. Facile autem apparet, hac regula nullibi eſſe utendum, niſi ubi de numerorum datorum proportione conſtiterit.* E. gr. *Sit vas ingens aqua repletum per exiguum in fundo foramen effluxura, ſi aperiatur. Ponamus, intra* 2 *minuta prima effluere* 3 *congios. Inveniri de-*

Digitized by Google

bet, quanto tempore 100 congii effluant. Tres in hoc caſu dantur numeri; quartus inveniendus. Enimvero vel ipſa experientia docet, aquam ſub initium celerius, poſtea tardius effluere, conſequenter quantitatem aquæ effluentis non eſſe tempori proportionalem. Quamobrem hæc quæſtio per regulam trium ſolvi nequit.

SCHOLION 3.

308. *Quæ in commercium veniunt, pretiis ſuis proportionalia ſunt. Qui enim duplum mercis accipit, duplum; qui triplum accipit, triplum pretium ſolvit. Dato igitur pretio quantitatis cujuſdam determinatæ mercis, per regulam trium invenitur pretium quantitatis cujuſcunque alterius datæ, aut quantitas mercis dato cuicunque alteri pretio reſpondens. E. gr. pretium 3 librarum ſunt 4 thaleri, quantum eſt pretium 17 librarum? Cum ſit, ut 3 libra ad 17 libras, ita illarum pretium (quod eſt 4 thalerorum) ad pretium harum; hoc quidem ita invenitur:*

3 L. — 17 L. — 4 Th.
4
———
68 — 2, 68, 33 ($22\frac{2}{3}$ th.

Item: 3 libræ veneunt 4 thaleris, quot $22\frac{2}{3}$ thaleris? Cum ſint ut 4 thaleri ad $22\frac{2}{3}$, ita 3 libræ ad quæſitas; harum numerus ita innoteſcit:

4 Th. — $22\frac{2}{3}$ Th. — 3 L.
3
———
68 — 2, 68, 44 (17 L.

Hinc ſimul patet, quomodo regula trium examinetur, hoc eſt, inveniatur, utrum operatio per eam rite peracta, nec ne.

SCHOLION 4.

309. *Similiter merces operariorum eſt tempori proportionalis, quo labore defunguntur, etiam quantitas laboris eidem tempori proportionalis, ſi æqualibus articulis æqualia penſa abſolvuntur; eadem numero operariorum proportionalis, ſi penſa æqualia ſinguli abſolvunt. E. gr. Intra 2 horas 4 libri folia perleguntur: Quanto horarum ſpatio 360 perlegi poterunt?*

6 F. — 360 F. — 2 H.
2
———
720 — 4, 720, 666 (120 H.

SCHOLION 5.

310. *Si numeri dati fuerint heterogenei, non eandem proportionem habent, quam res ipſis reſpondentes: ad homogeneos igitur reducendi. Ita thaleri in groſſos, groſſi in nummos, libræ in ſemuncias, horæ in minuta &c. convertuntur. E. gr. 3 libræ & 4 ſemunciæ veneunt 2 thaleris & 4 groſſis, quanti libræ 2? Calculus talis eſt*

3. L. 4 S. — 2 L. — 2 Th. 4. gr.
32 — 32 — 24
———
100 S. — 64 S. — 52 gr.
52
———
128
320
———
3328 — 3328, 1100 ($33\frac{28}{100}$ ſeu $\frac{7}{25}$ g.

Quod ſi

Quodſi noſſe cupias, quot nummis conveniant $\frac{7}{25}$ *groſſi, ita reperies* (§. 304)

```
25 — 7 — 12
        7   29 ( 3 9/25 num.
      ———   84 (
       84   25
```

Si nummus ulterius divideretur, poterat quoque valor $\frac{9}{25}$ *unius nummi eodem modo reperiri: ſed cum tanti non ſit, ut inveniatur, fractio illa tuto negligitur.*

SCHOLION 6.

311. *In ſcriptis Arithmeticorum* Regula trium inverſa *occurrit, qua terminus datorum primus duci jubetur in ſecundum & factum dividi per tertium, contraria nimirum ratione, qua in* Regula trium directa *uſi ſumus* (§. 302), *quia ſcilicet termini contra naturam proportionis ordinantur. Sed ea opus non eſt, ſi numeri dati, prout proportio exigit, ordinentur. E. gr. 125 milites operi exſtruendo 6 menſes impendunt: quantus requiritur militum numerus, ut intra 2 abſolvatur. Evidens eſt, quod ſit, ut ſpatium 2 menſium ad ſpatium 6 menſium, ita numerus militum, qui opus intra ſex menſes abſolvunt, ad numerum militum, qui intra duos idem exſtruunt. Quo minore enim temporis intervallo exſtruitur, eo major militum numerus requiritur. En calculi typum:*

```
2 M. — 6 M. — 125 Mil.
                6
              ———
11            750
750 ( 375 Mil.
222 (
```

SCHOLION 7.

312. *Interdum gemina regula trium applicatione opus eſt, antequam numerus quaeſitus innoteſcat. Ea vulgo pro peculiari regula venditatur & ab aliis* Regula de quinque, *ab aliis* Regula compoſita *appellatur. E. gr. 300 thaleri dant intra 2 annos uſuram 36 thalerorum, quantam dabunt 20000 thaleri intra 12 annos. Hic per regulam trium primum invenitur, quanta ſit uſura a 20000 exſpectanda intra 2 annos. Dein per eandem inveſtigatur, quanta eadem intra 12 annos exiſtat:*

```
300 Th. — 20000 Th. — 36 Uſ.
              36
            ———      1
          720000  720000 ( 2400
                  333300 ( Uſ.
2 A. — 12 A. — 2400 Uſ.
                 12
              ———————
28800 ( 14400 Uſ.  4800
222   (            24
                 ———————
                  28800
```

SCHOLION 8.

313. *Exemplis iſtiusmodi regula trium ſemel applicata ſatisfacere poteſt. Cum enim in noſtro caſu bis 300 thaleri eandem dent uſuram intra 1 annum, quam 300 intra 2, & duodecies 20000 tantam intra 1 annum, quanta 20000 intra 12; omiſſis temporis circumſtantiis ita inferatur: bis 300, id eſt 600 thaleri dant uſuram (intra annum ſcilicet) 36, quantam*

tam

8|69 7.5 (294 $\frac{9}{10}$
8|64|36
____
537.|0.0
(58|89)
530 01
____
·899

ſiniſteriores occupat. Ita ſine ullo labore habentur tres notæ priores, e. gr. in noſtro caſu 294. Plures notæ una inveniuntur, ſi tabulæ longius extendantur.

THEOREMA 54.

276. *Numerus cubicus radicis binomiæ componitur ex numeris cubicis duarum partium, ex facto tripli quadrati partis primæ in ſecundam & ex facto tripli quadrati partis ſecundæ in primam.*

DEMONSTRATIO.

Numerus cubicus prodit, ſi quadratum per radicem multiplicetur (§. 248). Sed quadratum radicis binomiæ componitur ex quadratis partium & facto duplo ex parte una in alteram (§. 261). Quare cubus componitur ex cubo partis primæ, ex triplo facto quadrati partis primæ in ſecundam, ex triplo facto quadrati partis ſecundæ in primam, hoc eſt, ex facto tripli quadrati partis primæ in ſecundam, & facto tripli quadrati partis ſecundæ in primam (§. 207) atque ex cubo partis ſecundæ (§. 246. 248). *Q. e. d.*

SCHOLION 1.

277 *Demonſtrationem ocularem denuo ſiſtit exemplum ſingulare, in quo multiplicatio tantum indicatur. Sit e. gr. radix 34 ſeu 30 + 4, erit*

30 + 4 *Radix*
____
16 Quadrat. part. II.
120 } *Facta ex* I *in* II
120 }
900 *Quadrat. part.* I.
____
64 *Cubus part.* I.
480 } *Facta ex quadrat.* II *in* I.
480 }
3600 *Factum ex quadrat.* I in II.
480 *Fact ex quadrat.* II in I.
3600 } *Facta ex quadrat.* I *in* II.
3600 }
27000 *Cubus part.* I.
____
39304 *Cubus totius.*

COROLLARIUM 1.

278. Gum pars dextra inter unitates, ſiniſtra inter decades locum obtineat (§. 5); numerus cubicus dextræ in loco dextimo, factum ex triplo quadrato ejus in ſiniſtram in ſecundo, factum ex triplo quadrato ſiniſtræ in dexteram in tertio, cubus denique partis ſiniſtræ in quarto loco terminatur (§. 49).

COROLLARIUM. 2.

279. Si radix multinomia fuerit, duæ vel plures notæ dextimæ pro una habentur, ut binomiæ formam mentiatur; extemplo patet, quod cubus quicunque componatur ex cubis ſingularum partium radicis & ex factis tripli quadrati quarumlibet ſiniſtetiorum in proxime dexte-

dexteriorem, itemque ex factis tripli quadrati cujuslibet dexterioris in omnes ſiniſteriores.

SCHOLION 2.

280. *Sit radix 346. Sume 340 pro parte una radicis, erit 6 pars altera, conſequenter* (§. 276).

346	
346	
90000	*Quadrat. part.* I.
12000	*Facta ex* I *in* II.
12000	
1600	*Quadrat. part.* II.
115600	*Quadrat.* I & II *ſimul*
2040	*Facta ex* III *in* I & II *ſimul.*
2040	
36	*Quadrat. part.* III.
27000000	*Cubus part.* I.
.3600000	*Facta ex quadr.* I *in* II.
.3600000	
.480000	*Fact. ex quadr.* II *in* I.
.3600000	*Fact. ex quadr.* I *in* II.
.480000	*Fact. ex quadr.* II *in* I.
.480000	
.64000	*Cubus part.* II.
.693600	*Facta ex quadr.* I & II *ſimul in* III.
.693600	
.12240	*F. ex quad.* III *in* I & II *ſim.*
.693600	*F. ex quadr.* I & II *ſim. in* III.
.12240	*Fact. ex quadr.* III *in* I & II *ſimul.*
.12240	
216	*Cubus part.* III.
41421736	*Cubus totius.*

Notandum ſcilicet, ſectionem numeri in duas partes aquales arbitrariam eſſe, cumque theorema generaliter de radice utcunque in duas partes aquales diviſa loquatur, idem quoque ad quamlibet ſectionem applicari poſſe. E. gr. *numerus 346 non modo ſtante theoremate in 340 & 6, vel in 300 & 46, verum etiam in 195 & 151, in 89 & 257, & in duas quaſcunque alias partes dividi poteſt: id quod etiam tentanti palam fit. Ceterum idem valere in numeris quadratis, immo in genere in potentiis quibuscunque, me tacente intelligitur.*

COROLLARIUM 3.

281. In quibus autem locis ſingula terminentur facta, ex corollario primo (§ 278) colligitur: habenda nimirum & hic eſt ratio cyphrarum numeris in ſe invicem ductis adjungendarum, ſi ſolitarii ponantur. *Vide exemplum in ſchol. prac,* (§. 280).

PROBLEMA 29.

282. *Ex numero dato radicem cubicam extrahere.*

RESOLUTIO ET DEMONSTRATIO.

1. Numerus datus diſtinguatur in claſſes, tres notas unicuique aſſignando, initio a dextris facto. Etenim ex tot notis radix componitur, quot claſſes emergunt (§. 278. 281). Notandum vero, non repugnare, ut claſſi ſiniſtimæ una, vel duæ notæ cedant.
2. In Tabula radicum (§. 257) quæ-

ratur

ratur numerus cubicus eo proxime minor numero, qui in claſſe ſiniſtima continetur, niſi ipſe in eadem inveniatur, atque ab hoc ſubtrahatur; ejus vero radix poſt lunulam ſcribatur: eſt enim pars prima radicis (§. 274).

3. Quoti inventi quadratum triplum (§. 278. 281) ſcribatur ſub nota ſiniſtima claſſis ſubſequentis & inde porro ſiniſtrorſum, ſi ex pluribus notis conſtiterit: quo facto quæratur quotus, qui erit pars ſecunda radicis (§. *cit.* & §. 210).

4. Diviſor ducatur in novum quotum & productum ſub eo deleto ſcribatur, ſub nota vero media claſſis ejuſdem terminetur factum ex triplo quadrato novi Quoti in præcedentem; ſub dextima denique cubus novi quoti. Hæc tria facta in unam ſummam collecta ex notis numeri cubici ſupraſcriptis ſubtrahantur (§. *cit.*).

5. Quodſi operatio per reliquas claſſes juxta regulam tertiam & quartam continuetur; prodibit radix quæſita (§. 275).

E. gr	47	437	928	(362
	27			
	20	437		
Diviſor	(2	7)..		
Fact. ex D. in Q.	16	2 ..		
Fac. ex 3 □N. Q. in pr.	3	24.		
Cubus N. Q.		216		
Summa factor.	19	656		
		781	928	
Diviſor		(388	8)..	
Fact. ex Div. in Q. N.		777	6 ..	
Fact. ex 3 □N. Q. in pr.		43	2.	
Cubus N. Q.			8	
Summa factorum		781	928	
		000	000	

PROBLEMA 30.

283. *Radicem cubicam ex fractione extrahere, cujus numerator & denominator cubus eſt.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Eodem, quo ſupra (§. 270), modo patet, radicem ſigillatim ex numeratore ac denominatore extrahendam eſſe.

Ita radix ex $\frac{27}{343}$ eſt $\frac{3}{7}$, ex $\frac{64}{729}$ vero $\frac{4}{9}$.

COROLLARIUM 1.

284. Hinc porro eodem, quo ſupra, (§. 271), modo conſequitur, radicem prope veram in fractione dati denominatoris inveniri, ſi numerus, qui cubus non eſt, per hujus denominatoris cubum mul-

Digitized by Google

multiplicetur & radici cubicæ ex facto extractæ tanquam numeratori denominator datus ſubjiciatur.

SCHOLION 1.

285. E. gr. *Si ex 12 extrahenda radix cubica prope vera, defectu minore quam* $\frac{1}{8}$; *ducatur 12 in 512 cubum ipſius 8 & ex facto 6144 extrahatur radix cubica 18, erit* $\frac{18}{8}$ *ſ.* $2\frac{1}{4}$ *radix prope vera, cujus defectus eſt minor quam* $\frac{1}{8}$.

COROLLARIUM 2

286. Immo inde ulterius eodem, quo ſupra (§. 273), modo fluit, radicem prope veram in fractionibus decimalibus inveniri, ſi 3, 6, 9 &c. cyphræ numero non cubo dextrorſum pro decimis, centeſimis, milleſimis &c. partibus jungantur & operatio (§. 282) continuetur.

SCHOLION. 2.

287. E. gr. *Sit extrahenda radix cubica ex 3; eam reperies* $1\frac{44}{100}$.

$\sqrt[3]{3} \,(\, 1\frac{44}{100}$
1

2. | 0.0.0
| 3 . .
1 2 . .
4 8 .
6 4

1744

2 5 6. | 0.0.0
5 8 | 8 . .
2 3 5 2 . .
6 7 2 .
6 4

2 4 1 9 8 4

1 4 0 1 6

SCHOLION. 2.

288. *Si tabulis numerorum cubicorum utaris, idem opera compendium facere licet, quod ſupra (§. 275) in extrahenda radice quadrata commendavimus.*

PROBLEMA 31.

289. *Examinare extractionem radicis quadratæ ac cubicæ.*

RESOLUTIO.

I. Radix quadrata inventa ducatur in ſe ipſam & facto reſiduum, ſi quod fuerit, addatur. Quodſi numerus prodeat, ex quo radix extracta; erit numerus inventus radix quadrata dati vel exacta, vel (ſi talem non habeat) prope vera (§. 246).

18.57
1857

12999
9285
14856
1857

3448449
1551

3450000

E. gr. Radicem quadratam prope veram ex 345 ſupra (§. 274) reperimus $18\frac{57}{100}$. Duc radicem 18. 57 in ſeipſam & facto 3448449 adde reſiduum 1551: prodibit numerus 345, ex quo extractio fieri debebat, quatuor cyphris auctus: ut in extractione ad inveniendas centeſimas factum fuerat.

II. Radix cubica inventa ducatur in ſeipſam, & factum denuo in eandem. Producto poſteriori addatur, ſi quod fuerit, reſiduum. Quodſi numerus prodeat,

deat, ex quo extractio facta, operatio rite peracta (§.248).

E. gr. Superius (§. 287) ex 3 extracta radix eſt $1\frac{44}{100}$. Duc hanc radicem 1.44 in ſeipſam & factum 20736 denuo in 1.44. Producto alteri 2985984 adde, quod ſupra reſiduum erat, 14016. Aggregatum eſt radix 3 ſex cyphris aucta, ut in operatione factum fuerat.

```
    1.44
    1.44
 -------
     576
    576
   144
 -------
   20736
     144
 -------
   82944
  82944
 20736
 -------
 2985984
   14016
 -------
 3000000
```

THEOREMA 55.

290. *Exponens rationis Quadratorum eſt quadratum, cuborum cubus & in genere potentiarum cujuſcunque gradus potentia ejuſdem gradus exponentis radicum.*

DEMONSTRATIO.

Quadrata enim habent rationem duplicatam, cubi triplicatam & in genere potentiæ cujuſcunque gradus rationem multiplicatam ſuarum radicum (§.259) Quare cum exponens rationis compoſitæ ſit æqualis facto, quod producunt exponentes ſimplicium (§. 214), exponens vero rationum ſimplicium, ex quibus componuntur duplicatæ, triplicatæ & in genere multiplicatæ quæcunque, idem ſit (§. 159); exponens rationis duplicatæ erit quadratum (§. 246), triplicatæ cubus (§. 248) & in genere multiplicatæ cujuſcunque potentia exponentis radicum (§. 250). *Q. e. d.*

THEOREMA 56.

291. *Si ex diviſione numeri quadrati per quadratum, cubi per cubum & in genere potentiæ cujuſcunque per aliam ſimilem, numerus integer prodit: etiam ex diviſione radicis per radicem integer prodire debet.*

DEMONSTRATIO.

Quotus ex diviſione numeri quadrati per quadratum, cubi per cubum & in genere potentiæ cujuſcunque per aliam ſimilem emergens eſt exponens rationis quadratorum, cuborum, vel in genere potentiarum ſimilium ſe mutuo dividentium (§. 136), adeoque quadratum, cubus & in genere potentia exponentis rationis radicum (§. 290). Quare cum idem ſit numerus rationalis integer, *per hypoth.* erit idem numerus rationalis integer quadratus, cubus vel potentia alterius gradus: cujus quoniam radix itidem rationalis integer

integer eſſe debet (§.250); etiam exponens radicum numerus rationalis integer erit. *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

292. Quare ſi radix radicem non metitur, nec quadratum quadratum, nec cubus cubum, nec potentia quæcunque aliam ſimilem metitur (§.74), conſequenter fractio integro major ex iſtiusmodi quadratis, cubis vel potentiis quibuscunque ſimilibus compoſita ad numerum integrum irreducibilis (§.223).

THEOREMA 57.

293. *Si numeri integri non datur radix in integris, nec dabitur per fractos.*

DEMONSTRATIO.

Ponamus dari numerum fractum, qui ſit radix. Ex ejus itaque iterata multiplicatione per ſe ipſum produci debet numerus datus (§.250). Sed quotiescunque fractum per ſeipſum multiplicas, productum ſemper eſt fractus (§. 239) isque in præſente caſu ad integrum irreducibilis (§ 292). Quare cum numerus datus ſit integer, *ex hypoth.* fractus ejus radix eſſe nequit. *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

294. Jam cum numeri primi in ſe ex nullo alio numero in ſe aliquoties ducto oriantur (§.75); ex numeris primis in ſe nulla perfecta radix extrahi poteſt in integris (§.256), adeoque nec per fractos dari poteſt (§ 293).

HYPOTHESIS 13.

295. *Interdum utile eſt, extractionem radicis tantum indicari, præſertim ſi perfecta haberi nequit. Eſt autem ſignum radicale ſequens* $\surd$: *cui in vertice jungitur exponens dignitatis, ſi altioris gradus, quam quadrata.* E. gr. $\surd 2$ denotat radicem ex 2; $\sqrt[3]{5}$ denotat radicem cubicam ex 5.

SCHOLION.

296. *In Geometria & Analyſi demonſtrabitur, tales radices, quæ actu dari non poſſunt, eſſe ad unitatem ut rectam lineam ad rectam aliam, conſequenter numeros* (§.10) *eosque irrationales, cum ex hypotheſi rationales non ſint. Dicuntur vulgo numeri* ſurdi: *quamvis olim hujus vocis ſignificatus ſtrictior fuerit*(b). *Et olim, & nunc interdum* radicales *nuncupari ſueverunt,*

M 2 CAPUT

(b) Vid. Stifelius in Arithm. integra lib. 2, c. 12 p. 134.

CAPUT VI.
De
REGULIS PROPORTIONUM.

THEOREMA 58.

297. *Si fuerint quatuor quantitates proportionales; factum extremarum æquatur facto mediarum.*

DEMONSTRATIO.

6 : 3 = 8 : 4
4   3
———
24 = 24

A : B = C : D (*per hypoth.* & §.152). Ergo AD : BC = CD : DC (§.185). Sed CD = DC (§.207). Igitur AD = BC (§.149). *Q. e. d.*

THEOREMA 59.

298. *Si fuerint tres quantitates continue proportionales; factum extremarum eſt æquale mediæ quadrato.*

DEMONSTRATIO.

6 : 12 = 12 : 24
12   6
———
144 = 144

Quoniam enim A : B = B : C (*per hypoth.* & §. 156. 152); erit AC = BB (§.297). Sed BB eſt quadratum ipſius B (§.250). Ergo factum extremarum AC æquatur quadrato mediæ. *Q. e. d.*

THEOREMA 60.

299. *Si quantitas AD producta ex duabus aliis ſe mutuo multiplicantibus A & D fuerit æqualis alteri BC ex duabus aliis B & C eodem modo productæ; erit A : B = C : D.*

DEMONSTRATIO.

6   8
4   3
———
24 = 24
4 : 8 = 3 : 6

AC : AD = C : D (§. 178). Sed AD = BC, *per hypoth.* Ergo AC : BC = C : D (§. 168), conſequenter A : B = C : D (§.181). *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

300. Si ergo in ſerie quatuor quantitatum factum ex ſecunda in tertiam æquale facto ex prima in quartam; erunt quantitates iſtæ proportionales.

PROBLEMA 32.

301. *Inter duos numeros (8 & 72) medium proportionalem invenire.*

RESOLUTIO.

1. Datorum unus 72 multiplicetur per alterum 8 (§.111).
2. Ex facto 576 extrahatur radix quadrata 24 (§.269): quæ erit numerus quæſitus (§.298).

PROBLEMA 33.

302. *Datis tribus numeris 3, 12, 5 quartum; aut duobus, tertium proportionalem invenire.*

RESOLUTIO.

1. Secundus 12 ducatur in tertium 5, aut

5, aut in altero caſu ſecundus in ſeipſum.

2. Factum 60 dividatur per primum 3. Quotus 20 eſt quartus, in altero caſu tertius quæſitus.

DEMONSTRATIO.

Si enim terminum ſecundum per tertium, aut in altero caſu ſecundum per ſeipſum multiplicas; factum ex primo in quartum, in caſu altero ex primo in tertium prodit (*§.*297.298*)*. Quodſi ergo hoc per primum dividis; quotus eſt terminus quartus, in caſu altero tertius (§.210). *Q. e. d.*

COROLLARIUM *1.*

303. Data quælibet fractio converti poteſt in aliam æqualem datæ denominationis. Quodſi enim *per probl. præſ.* ad denominatorem & numeratorem fractionis datæ atque denominatorem deſideratæ quæratur numerus quartus proportionalis; erit is numerator fractionis quæſitæ (§.225). E gr. ſit fractio $\frac{2}{3}$ convertenda in aliam cujus denominator 24, reperietur ea $\frac{16}{24}$.

```
3 — 2 — 24
         2
       ———
3       48
48 (16
33 (
```

COROLLARIUM. 2.

304. Quodſi numerus partium, in quas integrum aliquod communi more dividitur, pro denominatore aſſumitur; valor fractionis datæ in menſura vulgari reperitur. E. gr. Cum apud nos thalerus in 24 groſſos dividatur, ex ante allato exemplo apparet, groſſos æquivalere duabus tertiis unius thaleri.

COROLLARIUM 3.

305. Si vero denominator aſſumitur 10, 100, 1000 &c. fractiones datæ in decimales convertuntur. Ita reperiemus $\frac{2}{3} = \frac{666666}{1000000}$ &c. in infinitum; $\frac{4}{5} = \frac{8}{10}$; $\frac{3}{7} = \frac{42857}{100000}$ fere.

SCHOLION 1.

306. *In fractionibus decimalibus denominator omitti ſolet, quia ex meris cyphris & præfixa unitate conſtat. Ejus vero loco punctum* (.) *numeratori præfigitur & loca vacua replentur cyphra, ita ut e. gr. dua cyphra præponantur, ſi fractio milleſimis incipiat. Ita loco* $\frac{23}{100}$ *ſcribimus* 0.23; *loco* $5\frac{47}{10000}$ *ſcribimus* 5.0047. *Eſt vero harum fractionum non exiguus in Matheſi uſus, quas primus in condendis Tabulis ſinuum adhibuit* Johannes Regiomontanus.

SCHOLION 2.

307. *Reſolutio hujus problematis vulgo* Regula trium *appellatur, quia ex tribus numeris invenitur quartus. Uſus ejus ampliſſimus tam in vita communi, quam in ſcientiis. Hinc* Regula aurea *vocatur. Facile autem apparet, hanc regula nullibi eſſe utendum, niſi ubi de numerorum datorum proportione conſtiterit.* E. gr. *Sit vas ingens aqua repletum per exiguum in fundo foramen effluxura, ſi aperiatur. Ponamus, intra* 2 *minuta prima effluere* 3 *congios. Inveniri debet,*

Digitized by Google

bet, quanto tempore 100 congii effluant. Tres in hoc caſu dantur numeri; quartus inveniendus. Enimvero vel ipſa experientia docet, aquam ſub initium celerius, poſtea tardius effluere, conſequenter quantitatem aquæ effluentis non eſſe tempori proportionalem. Quamobrem hæc quæſtio per regulam trium ſolvi nequit.

SCHOLION 3.

308. *Quæ in commercium veniunt, pretiis ſuis proportionalia ſunt. Qui enim duplum mercis accipit, duplum; qui triplum accipit, triplum pretium ſolvit. Dato igitur pretio quantitatis cujusdam determinatæ mercis, per regulam trium invenitur pretium quantitatis cujuscunque alterius datæ, aut quantitas mercis dato cuicunque alteri pretio reſpondens. E. gr. pretium 3 librarum ſunt 4 thaleri, quantum eſt pretium 17 librarum? Cum ſit, ut 3 libra ad 17 libras, ita illarum pretium (quod eſt 4 thalerorum) ad pretium harum; hoc quidem ita invenitur:*

3 L. — 17 L. — 4 Th.
4 ‒2 ($22\frac{2}{3}$ th.
——— 68
68 33

Item: 3 libræ veneunt 4 thaleris, quot $22\frac{2}{3}$ thaleris? Cum ſint ut 4 thaleri ad $22\frac{2}{3}$, ita 3 libræ ad quæſitas; harum numerus ita innoteſcit:

4 Th. — $22\frac{2}{3}$ Th. — 3 L.
3 ~~2~~
——— ~~68~~ (17 L.
68 ~~44~~

Hinc ſimul patet, quomodo regula trium examinetur, hoc eſt, inveniatur, utrum operatio per eam rite peracta, nec ne.

SCHOLION 4.

309. *Similiter merces operariorum eſt tempori proportionalis, quo labore defunguntur, etiam quantitas laboris eidem tempori proportionalis, ſi æqualibus articulis æqualia penſa abſolvuntur; eadem numero operariorum proportionalis, ſi penſa æqualia ſinguli abſolvunt. E. gr. Intra 2 horas 4 libri folia perleguntur: Quanto horarum ſpatio 360 perlegi poterunt?*

6 F. — 360 F. — 2 H.
2 ~~4~~
——— ~~720~~ (120 H.
720 ~~666~~

SCHOLION 5.

310. *Si numeri dati fuerint heterogenei, non eandem proportionem habent, quam res ipſis reſpondentes: ad homogeneos igitur reducendi. Ita thaleri in groſſos, groſſi in nummos, libra in ſemuncias, hora in minuta &c. convertuntur. E. gr. 3 libræ & 4 ſemunciæ veneunt 2 thaleris & 4 groſſis, quanti libræ 2? Calculus talis eſt*

3. L. 4 S. — 2 L. — 2 Th. 4. gr.
32 32 24
——— ——— ———
100 S. — 64 S. — 52 gr.
52
———
128
320 ~~3328~~ ($33\frac{28}{100}$ ſeu $\frac{7}{25}$ g.
——— ~~4400~~
3328

Quodſi

Quodſi noſſe cupias, quot nummis conveniant $\frac{7}{25}$ groſſi, ita reperies (§. 304)

25 — 7 — 12
7 | 29 ($3\frac{9}{25}$ num.
84 | 84
84 | 25

Si nummus ulterius divideretur, poterat quoque valor $\frac{9}{25}$ unius nummi eodem modo reperiri: ſed cum tanti non ſit, ut inveniatur, fractio illa tuto negligitur.

SCHOLION 6.

311. *Inſcriptis Arithmeticorum* Regula trium Inverſa *occurrit, qua terminus datorum primus duci jubetur in ſecundum & factum dividi per tertium, contraria nimirum ratione, qua in* Regula trium directa *uſi ſumus* (§. 302), *quia ſcilicet termini contra naturam proportionis ordinantur. Sed ea opus non eſt, ſi numeri dati, prout proportio exigit, ordinentur. E. gr. 125 milites opera exſtruendo 6 menſes impendunt: quantus requiritur militum numerus, ut intra 2 abſolvatur. Evidens eſt, quod ſit, ut ſpatium 2 menſium ad ſpatium 6 menſium, ita numerus militum, qui opus intra ſex menſes abſolvunt, ad numerum militum, qui intra duos idem exſtruunt. Quo minore enim temporis intervallo exſtruitur, eo major militum numerus requiritur. En calculi typum:*

2 M. — 6 M. — 125 Mil.
6
750
11
750 (375 Mil.
222

SCHOLION 7.

312. *Interdum gemina regula trium applicatione opus eſt, antequam numerus quæſitus innoteſcat. Ea vulgo pro peculiari regula venditatur & ab aliis* Regula de quinque, *ab aliis* Regula compoſita *appellatur. E. gr. 300 thaleri dant intra 2 annos uſuram 36 thalerorum, quantam dabunt 20000 thaleri intra 12 annos. Hic per regulam trium primum invenitur, quanta ſit uſura a 20000 exſpectanda intra 2 annos. Dein per eandem inveſtigatur, quanta eadem intra 12 annos exiſtat:*

300 Th. — 20000 Th. — 36 Uſ.
36
1
720000 | 720000 (2400 Uſ.
333300

2 A. — 12 A. — 2400 Uſ.
12
4800
24
28800
28800 (14400 Uſ.
222

SCHOLION 8.

313. *Exemplis iſtiusmodi regula trium ſemel applicata ſatisfacere poteſt. Cum enim in noſtro caſu bis 300 thaleri eandem dent uſuram intra 1 annum, quam 300 intra 2, & duodecies 20000 tantam intra 1 annum, quanta 20000 intra 12; omiſſis temporis circumſtantiis ita inferatur: bis 300, id eſt 600 thaleri dant uſuram (intra annum ſcilicet) 36, quantam*

tam dabunt duodecies 20000, *id eſt* 240000 *thaleri (itidem intra annum?)*

600 Th. — 240000 Th. — 36 uſ.

36

1440000 22

72 6840000(14400

6666600(

8640000

Poſterior hæc methodus priori præfertur, quod in illa ad fractionum tædia ſæpe prolabimur.

SCHOLION 9.

314. *Dantur & alii caſus, in quibus iterata regula trium applicationi ſuperſedere non licet. Ita, ſi commune ſociorum lucrum vel damnum inter eos diſtribuendum, toties applicatur, quot ſunt ſocii. Eſt enim ut ſumma collatorum ad lucrum vel damnum commune, ita collatum quodlibet partiale ad lucrum vel damnum partiale ipſi reſpondens. E. gr. Lucrum commune trium perſonarum eſt* 2000 *thalerorum, collatum primi* 1000, *ſecundi* 500, *tertii* 300: *inveniri debent lucra partialia ſingulis convenientia. En typum calculi:*

Collatum	primi	1000 Th.
	ſecundi	500
	tertii	300

Summa Collatorum 1800 Th.

1800 Th. — 1000 Th. — 2000 Th.

2 000

2000000

111

12221

2000000(1111 $\frac{2}{18}$ Lucrum primi.

1888800(

111

1800 Th. — 500 Th. — 2000 Th.

2 000

100000

111

555

1000000(555 $\frac{10}{18}$ Lucrum ſecundi.

188800(

11

1800 Th. — 300 Th. — 2000 Th.

2 000

600000

33

3666

600000(333 $\frac{6}{18}$ Lucrum tertii.

188800(

11

EXAMEN.

1111 $\frac{6}{18}$	Lucrum	primi
555 $\frac{10}{18}$		ſecundi
333 $\frac{6}{18}$		tertii

2000 Th. Lucrum commune.

SCHOLION 10.

315. *Non deſunt alia exempla, quæ calculum eundem requirunt, ut cum in Medicina aut artibus aliis ex data ratione, quam pondera miſcibilium inter ſe habent, inveniuntur pondera miſcibilium requiſita, ut mixtum integrum ſit ponde-*

ponderis dati. E. gr. Tria ſimplicia compoſitionem alicujus medicamenti ingrediuntur, doſis unius eſt 4, alterius 5, tertii 2 unciarum: inveniri debent doſes ſingulorum requiſita, ut pondus compoſiti ſit 8 librarum. En calculi typum:

Pondus { primi / ſecundi / tertii } ſimplicis 4 Unc. / 5 / 2

Summa 11 Unc.

11 Unc. — 8 L. — 4 Unc.
16
128 Unc.
4 176
512 512 ($46\frac{6}{11}$ pond. ſimp. primi
111

11 Unc. — 128 Unc — 5 Unc.
5
192
640 640 ($58\frac{2}{11}$ Pond. ſimp. ſecund.
111

11 Unc. — 128 Unc. — 2
2 33
256 256 ($23\frac{3}{11}$ Pond. ſimp. tertii.
111

EXAMEN.

Pondus ſimplicis primi $46\frac{6}{11}$ Unc.
ſecundi $58\frac{2}{11}$
tertii $23\frac{3}{11}$

Pondus mixti 128 Unc. = 8 lib.

(Wolffii Math. Tom. I.)

SCHOLION II.

316. *Subinde compendiis locus datur, quæ* Practicæ Italicæ *nomen ferunt. Ex iis utiliſſima commemoramus. Nimirum quoniam per regulam trium ad tres numeros datos invenitur quartus proportionalis (§. 302), primus & ſecundus (§. 181) vel etiam primus & tertius (§. 183) per eundem, ſi fieri poteſt, numerum exacte dividantur & quoti in ipſorum loca ſurrogentur: ceu ex ſubſequente apparet exemplo.*

Pretium 3 Lib. *eſt* 9 Thal. *quantum* 7 libr.
3) 1 3 3
Fac. 21 Thal.

Pretium 14 Lib. *eſt* 26 Thal. *quant.* 7 libr.
7) 2 2) — 1
Fac. 13 Thal.

SCHOLION 12.

317. *Si numerus primus vel tertius fuerit 1 & alter eorum non nimis magnus, medius autem heterogeneus, abſque reductione in* ſchol. 5 (§. 310) *præſcripta calculus initur, ut ſequens exemplum docet.*

Pret. 1 Lib. *eſt* 3 th. 8 gr. 6 num. *quant.* 5 L.
5
16 th. 18 gr. 6 num.

Manifeſtum ſcilicet eſt, bis 6 nummos conficere groſſum unum, adeoque quinquies 6 groſſos 2, & nummos 6. Similiter ter 8 groſſi thalerum 1, & inſuper bis 8 groſſos 16 efficiunt. Quod ſi ergo thalerus iſte 15 reliquis, & 2 priores groſſi 16 reliquis addantur; prodibit pretium quæſitum 16 th. 18 gr. 6 num.

N *SCHO-*

SCHOLION 13.

318. *Si terminus primus vel ſecundus fuerit 1, & in priore caſu ſecundus aut tertius, in poſteriore primus in factores reſolvi poteſt; integram ſæpe operationem ſine ſcriptionis ſubſidio mens abſolvit: id quod exempla, quæ ſequuntur, docent.*

Pretium 1 Libr. *eſt* 24 th. *quantum* 20 libr.

```
        4          4
        6        ----
                  80
                   6
                 ----
             Fac. 480 th.
```

Pretium 12 libr. *eſt* 18 th. *quantum* 1 libr.

```
   3      2
   4     186 (1½ th.
         34
```

Poteſt etiam numerus datus reſolvi partim in factores, partim in partes componentes. E. gr. 1 libra conſtat 9 groſſis, quodnam eſt pretium 35 librarum?

Quoniam	*1 libra conſtat 9 groſſis*		
conſtabunt	*3 lib.*	*1 thal.*	*3 gr.*
	30 lib.	*11 thal.*	*6 gr.*
	5 libr.	*1 thal.*	*21 gr.*
	35 lib.	*13 thal.*	*3 gr.*

Hic nempe numerus 35, per quem multiplicatio fieri debet, reſolvitur in partes 30 & 5, pars vero altera 30. in factores 3 & 10.

SCHOLION 14.

319. *Si numerorum datorum unus fuerit 1, multa compendia ſimilia multiplicatio & diviſio ſine abaci Pythagorici ſubſidio peragenda (§. 116. 120). ſuppeditat. E. gr. pretium 9 librarum eſt 20 thalerorum, quantum eſt pretium unius? Statim hic apparet, haberi pretium deſideratum, ſi parti decimæ illius, id eſt 2 thaleris, addatur pars nona hujus decimæ, id eſt, $\frac{2}{9}$ unius thaleri, ut adeo inveniatur $2\frac{2}{9}$ thal. Item: Pretium 5 librarum eſt 54 thalerorum, quantum erit pretium 1 libræ? R. Quoniam pretium quæſitum eſt quinta pars dati, duplum partis decimæ pretii dati $10\frac{4}{5}$ thal. erit quæſitum. Item: Pretium 1 libræ eſt 18 groſſorum, quantum erit librarum 19? R. Quoniam $19 = 20 - 1$, a duplo pretii dati cyphra aucti 360 ſubducatur ſimplum 18, reſiduum erit pretium 342 groſſorum quæſitum.*

SCHOLION 15.

320. *Si duo termini ejusdem denominationis unitate differant, ſingulari quodam compendio utimur, quod ex ſubjunctis exemplis manifeſtum. E. gr. Pretium 5 librarum eſt 30 thalerorum, quantum erit 4 librarum? R. Quoniam pretium 4 librarum una parte quinta deficere debet a pretio 5 librarum; pretium datum 30 dividatur per 5 & quotus 6 ab eodem ſubtrahatur, relinquitur quæſitum 24. Item: pretium 8 librarum eſt 24 thalerorum, quantum erit librarum 9? R. Quia pretium 9 librarum una parte octava excedit pretium 8 librarum, pretium datum 24 dividatur per 8 & quotus 3 eidem addatur, ſumma 27 erit quæſitum.*

SCHO-

Digitized by Google

SCHOLION 16.

321. *Nonnunquam compendiis pluribus una uti datur.* E. gr.

*Pret.*100 libr. *eſt* 30 th. 4 gr. *quant.* 50 lib.
50) 2. 2) ——— 1
Fac. 15 th. 2 gr.

It: Pret. 60 libr. *eſt* 80 th. *quant.* 2520 lib.

60)	1	6	42
		480	6
		7	7

Fac, 3360 thal.

CAPUT VII.

De

QUANTITATIBUS ÆQUI-DIFFERENTIBUS.

DEFINITIO 61.

322. Si in ſerie trium quantitatum eadem fuerit differentia primæ & ſecundæ, quæ ſecundæ ac tertiæ, eas *continue æquidifferentes* voco. Si vero in ſerie quatuor eadem fuerit differentia primæ & ſecundæ, quæ tertiæ ac quartæ, *diſcretim æquidifferentes* appello. Ita 3, 6, 7 & 10 ſunt numeri diſcretim æquidifferentes: 3, 6, & 9 numeri continue æquidifferentes.

SCHOLION.

323. *Dicuntur hæ quantitates vulgo* Arithmetice proportionales, *& vere proportionales, de quibus ante,* Geometrice proportionales *appellari ſolent, ut ab iis diſtinguantur: ſed minus proprie, nec ad mentem veterum.*

COROLLARIUM 1.

324. Si termini ſemper creſcunt, in continue æquidifferentibus terminus ſecundus eſt aggregatum ex primo & differentia; tertius ſumma ex ſecundo & differentia; ſi decreſcunt, primus eſt aggregatum ex ſecundo & differentia; ſecundus aggregatum ex tertio & differentia (§.106).

COROLLARIUM 2.

325. Similiter in diſcretim æquidifferentibus ſi termini creſcunt, ſecundus eſt aggregatum ex primo & differentia, quartus ex tertio & differentia: ſi vero decreſcunt, primus eſt aggregatum ex ſecundo & differentia; tertius ex quarto & differentia. (§.106).

THEOREMA 61.

326. *Si fuerint tres quantitates continue æquidifferentes, ſumma primi & tertii eſt medii dupla.*

DEMONSTRATIO.

4. 7. 10
7 4
14 = 14

Si enim termini creſcunt; ſecundus componitur ex primo & differentia, tertius ex ſecundo & differentia (§. 324), adeoque ex primo & differentia dupla. Quare ſi tertio addatur primus; ſumma primi & tertii conſtabit ex primo duplo & differentia dupla. Erit adeo ſecundi dupla. *Q. e. d.*

Eodem modo demonſtratio procedit, ſi termini decreſcunt.

SCHOLION.

327. *Si terminus primus ſit I, ſecundus II, tertius III, differentia D; demonſtratio ocularis erit iſtiusmodi:*

II = I + D
III = II + D

Ergo III = I + 2 D
Hinc III + I = 2 I + 2 D
= 2 II.

THEOREMA 62.

328. *Si fuerint quatuor quantitates æquidifferentes, ſumma primi & quarti æqualis eſt ſummæ ſecundi & tertii.*

DEMONSTRATIO.

3 — 5 = 8 — 10
8 3
13 = 13

Si termini creſcunt, ſecundus componitur ex primo & differentia; quartus ex tertio & differentia (§. 325). Quare ſi primus quarto addatur, aggregatum ex primo, tertio & differentia conſtat: Si vero ſecundum tertio addas, aggregatum ex primo, differentia & tertio componitur. Sunt ergo aggregata inter ſe æqualia (§. 88). *Q. e. d.*

Eodem modo demonſtratio procedit, ſi conſequentes termini fuerint antecedentibus minores.

SCHOLION.

329. *Si terminus primus ſit I, ſecundus II, tertius III, quartus IV, differentia D; demonſtratio ocularis erit iſtiusmodi:*

II = I + D   IV = III + D
III   III   I   I

II + III = III + I + D   IV + I = I + III + D

PROBLEMA 34.

330. *Inter duos numeros 9 & 13 medium æquidifferentem invenire.*

RESOLUTIO.

1. Addantur numeri dati 9 & 13.
2. Summa 22 dividatur bifariam ſive per 2. Quotus 11 erit numerus quæſitus (§. 326).

PROBLEMA 35.

331. *Datis tribus numeris 8, 5, 9, quartum æquidifferentem invenire.*

RESOLUTIO.

1. Numerus ſecundus 5 addatur tertio 9.
2. A ſumma 14 ſubtrahatur primus 8. Reſiduus 6 eſt quartus quæſitus. (§. 328).

CAPUT

Digitized by Google

CAPUT VIII.

De

LOGARITHMIS.

DEFINITIO 62.

332. Series quantitatum juxta eandem rationem creſcentium vel decreſcentium vocatur *Progreſſio Geometrica*. E. gr. 1.2.4.8.16.32.64.128, vel 729.243.81.27.9.3.1.

DEFINITIO 63.

333. Series quantitatum ſecundum eandem differentiam creſcentium vel decreſcentium dicitur *Progreſſio Arithmetica*. E. gr. 3.6.9.12.15.18.21.24.27.30 vel 32.28.24.20.16.12.8.4.

DEFINITIO 64.

334. Si numeris in ratione Geometrica progredientibus ſubſcribantur totidem alii æquidifferentes; dicuntur hi illorum *Logarithmi: Stifelius* in Arithmetica ſua (c) *exponentes* vocat. E. gr. ſint duæ progreſſiones:

Geom. 1.2.4.8. 6.32.64.128.256.512
Arith. 0.1.2.3. 4.5. 6. 7. 8. 9.

erit 0 logarithmus termini primi 1; 5 logarithmus ſexti 32; 7 logarithmus octavi 128 &c.

COROLLARIUM 1.

335. Si progreſſio arithmetica fuerit ſeries numerorum naturalium & a cyphra incipiat, ut in exemplo allato; logarithmi deſignant diſtantias numerorum proportionalium ab unitate.

COROLLARIUM 2.

336. Cumque in progreſſione geometrica ab unitate incipiente termini ſint dignitates ordine naturali ſe mutuo excipientes (§. 250. 332), ſi progreſſio arithmetica eadem ſit, quæ in exemplo allato, logarithmi ſunt exponentes dignitatum (§. 251). E. gr. 2 eſt dignitas prima ejusque exponens 1, 64 dignitas ſexta ejusque exponens 6.

THEOREMA 63.

337. *Si Logarithmus unitatis ſit 0; erit logarithmus facti æqualis aggregato ex logarithmis efficientium.*

DEMONSTRATIO.

Eſt enim ut unitas ad factorem unum ita factor alter ad factum (§. 66). Quare logarithmus facti eſt æquidifferentium quartus ad logarithmum unitatis & logarith-

(c) lib. 3. c. 5. p. 249. b.

Digitized by Google

mos efficientium (§. 334) adeoque differentia inter logarithmum unitatis & ſummam logarithmorum efficientium (§. 331). Sed logarithmus unitatis eſt 0, *per hypoth.* Ergo ſumma ex logarithmis efficientium eſt logarithmus facti. *Q. e. d.*

COROLLARIUM. 1.

338. Cum factores quadrati ſint inter ſe æquales, hoc eſt, quadratum ſit factum ex radice in ſeipſam (§. 246); logarithmus quadrati eſt duplus logarithmi radicis.

COROLLARIUM 2.

339. Eodem modo patet, logarithmum cubi eſſe triplum (§. 248); biquadrati quadruplum; potentiæ quintæ quintuplum; ſextæ ſextuplum &c. logarithmi radicis (§. 250).

COROLLARIUM 3.

340. Eſt ergo unitas ad exponentem dignitatis, ut logarithmus radicis ad logarithmum potentiæ ſeu ipſius dignitatis (§. 251. 255).

COROLLARIUM 4.

341. Quare logarithmus potentiæ prodit, ſi logarithmum radicis multiplices per exponentem ejus (§. 66); adeoque logarithmus radicis habetur, ſi logarithmus dignitatis per ejus exponentem dividitur (§. 210).

SCHOLION.

342. *E. gr. 3 ſumma logarithmorum 1 & 2 eſt logarithmus producti 8 ex 2 in 4. Similiter 7 ſumma logarithmorum 2 & 5 eſt logarithmus producti 128 ex 4 in 32. Porro 3 logarithmus radicis quadratæ 8 eſt dimidius logarithmi 6 quadrati 64, & 2 logarithmus radicis cubicæ 4 eſt ſubtriplus logarithmi 6 cubi 64.*

THEOREMA 64.

243. *Si logarithmus unitatis eſt 0, erit logarithmus quoti æqualis differentiæ logarithmorum diviſoris & dividendi.*

DEMONSTRATIO.

Eſt enim ut diviſor ad dividendum ita unitas ad quotum (§. 69). Quare logarithmus quoti eſt æquidifferentium quartus ad logarithmos diviſoris & dividendi atque logarithmum unitatis (§. 334) adeoque differentia inter logarithmum diviſoris & ſummam logarithmorum dividendi & unitatis (§. 331). Sed logarithmus unitatis eſt 0, *per hypoth.* Ergo differentia logarithmi diviſoris a logarithmo dividendi eſt logarithmus quoti. *Q. e. d.*

SCHOLION 1.

344. *E gr. 2 differentia inter 7 & 5 eſt logarithmus quoti 4 ex 128 per 32. Similiter 5 differentia inter 8 & 3 eſt logarithmus quoti 32 ex 256 per 8.*

SCHOLION 2.

345. *Progreſſiones arithmeticas cum geometricis confert, logarithmorum proprietates hactenus recenſitas recenſet, atque varios eorum uſus monſtrat* Stifelius

us (d): *qui tamen longe cedunt uſui logarithmorum in Trigonometria a* Juſto Byrgio *primum reperto* (e), *ſed a* Johanne Nepero *ſupra laudato primum oſtenſo* (f).

PROBLEMA 36.

346. *Numeri cujuscunque logarithmum invenire ac Canonem logarithmorum pro numeris naturalibus conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. Quoniam 1. 10. 100. 1000. 10000 &c. Progreſſionem Geometricam conſtituunt (§. 332); eorum logarithmi arbitrario aſſumi poſſunt, modo ſint numeri in progreſſione arithmetica progredientes (§. 334). Ut igitur intermediorum logarithmos per fractiones decimales exprimere liceat; aſſumantur 0. 00000000, 1. 00000000, 2. 00000000, 3. 00000000, 4. 00000000 &c.

2. Equidem manifeſtum eſt, (§. 334) numerorum, qui in ſcala progreſſionis geometricæ non continentur, logarithmos accuratos haberi non poſſe; adeo tamen veris propinquos reperire licet, ut, ſi uſum ſpectes, accuratis æquipolleant. Quod ut appareat, ponamus inveniendum eſſe logarithmum novenarii ſeu 9. Inter 1. 0000000 & 10. 0000000 quæratur medius proportionalis C (§. 301) & inter eorum logarithmos 0. 00000000 atque 1. 00000000 medius æquidifferens (§. 330), qui erit logarithmus ipſius C (§. 334), hoc eſt, numeri ternarium ſuperantis $\frac{1'22777}{100000000}$ adeoque a novenario multum diſtantis. Quæratur inter B & C alius medius proportionalis D, qui ad novenarium propius accedit, & inter B & D adhuc alius E & ita porro alii inter numeros novenario proxime majores & minores, donec tandem reperiatur 9. 0000000, hoc eſt, $9\frac{0000000}{10000000}$ (§. 305): qui cum a novenario ne unica quidem particula millioneſima differat; ejus logarithmus citra errandi periculum pro logarithmo novenarii habetur. Error enim ſemper minor eſſe debet unica millioneſima. Quærantur itaque in quolibet caſu logarithmi mediorum proportionalium & ita habebitur tandem loga-

(d) in Arithmet. lib. 1. c. 4. p. 35. & ſeqq. & lib. 3. c. 5. p. 249. b. & 50. (e) Keplerus in Tabulis Rudolphinis c. 3. f. 11. (f) in Mirifici Logarithmorum Canonis deſcriptione.

logarithmus novenarii prope verus 0. 95424251.

3. Si eodem modo inter A & C numeros medios proportionales quæras & convenientes logarithmos ſingulis aſſignes, invenietur tandem logarithmus numeri 2 & ita porro.

	Numeri medii proportionales.	Logarithmi		Numeri medii proportionales	Logarithmi
A	1.0000000	0.0000000	O	9.0021388	0.95434570
C	3.1622777	0.5000000	Q	9.0008737	0.95428467
B	10.0000000	1.0000000	P	8.9996088	0.95422363
B	10.0000000	1.0000000	Q	9.0008737	0.95428467
D	5.6234132	0.7500000	R	9.0002412	0.95425415
C	3.1622777	0.5000000	P	8.9996088	0.95422363
B	10.0000000	1.0000000	R	9.0002412	0.95425415
E	7.4989421	0.87500000	S	8.9999250	0.95421889
D	5.6234132	0.75000000	P	8.9996088	0.95422363
B	10.0000000	1.00000000	R	9.0002412	0.95425415
F	8.6596432	0.93750000	T	9.0000831	0.95424652
E	7.4989421	0.87500000	S	8.9999250	0.95423889
B	10.0000000	1.00000000	T	9.0000831	0.95424652
G	9.3057204	0.96875000	V	9.0000041	0.95424271
F	8.6596432	0.93750000	S	8.9999250	0.95423889
G	9.3057204	0.96875000	V	9.0000041	0.95424271
H	8.9768713	0.95312500	X	8.9999650	0.95424080
F	8.6596432	0.93750000	S	8.9999250	0.95423889
G	9.3057204	0.96875000	V	9.0000041	0.95424271
I	9.1398170	0.96093750	Y	8.9999845	0.95424217
H	8.9768713	0.95312500	X	8.9999650	0.95424080
I	9.1398170	0.96093750	V	9.0000041	0.95424271
K	9.0579777	0.95703125	Z	8.9999943	0.95424223
H	8.9768713	0.95312500	Y	8.9999845	0.95424217
K	9.0579777	0.95703125	V	9.0000041	0.95424271
L	9.0173333	0.95507812	a	8.9999992	0.95424247
H	8.9768713	0.95312500	Z	8.9999943	0.95424223
L	9.0173333	0.95507812	V	9.0000041	0.95424271
M	8.9970796	0.95410156	b	9.0000016	0.95424259
H	8.9768713	0.95312500	a	8.9999992	0.95424247

Digitized by Google

	Numeri medii proportionales.	Logarithmi		Numeri medii proportionales.	Logarithmi
L	9.0173333	0.95507812	b	9.0000016	0.95424259
N	9.0072008	0.95458984	c	9.0000004	0.95424253
M	8.9970796	0.95410156	a	8.9999992	0.95424247
N	9.0072008	0.95458984	c	9.0000004	0.95424253
O	9.0021388	0.95434570	d	8.9999998	0.95424250
M	8.9970796	0.95410156	a	8.9999992	0.95424247
O	9.0021388	0.95434570	c	9.0000004	0.95424253
P	8.9996088	0.95422363	e	9.0000000	0.95424251
M	8.9970796	0.95410156	d	8.9999998	0.95424250

4. Enim vero non opus eſt, ut omnium numerorum logarithmi tanto labore inveſtigentur: compoſiti enim cum per alios numeros dividi poſſint (§. 76), adeoque & ex aliis ſe mutuo multiplicantibus (§. 212) oriantur, eorum logarithmi *per theor. 63 & 64.* (§. 337 *& ſeqq.*) inveniuntur. E. gr. ſi logarithmus numeri 9 biſecetur, prodit logarithmus 0.47712125 numeri 3 (§. 338).

COROLLARIUM.

347. Characteriſtica igitur logarithmorum pro numeris ab 1 ad 10 eſt 0, pro numeris a 10 ad 100 eſt 1, pro numeris a 100 ad 1000 eſt 2 &c.

SCHOLION.

348. *Canonem Logarithmorum pro numeris naturalibus ab 1 usque ad 20000 & a 90000 ad 100000 primus conſtruxit* Henricus Briggius, *Profeſſor Geometriæ Savilianus in Academia Oxonienſi, ex conſilio tamen primi inventoris* Neperi (g) *& methodum conſtruendi una expoſuit in ſua Arithmetica Logarithmica. Lacunam inter 20000 & 90000 mox explevit* Adrianus Vlaccus (h). *In libellis vulgaribus habetur tantum Canon Logarithmorum pro numeris ab 1 usque ad 10000.*

PROBLEMA 37.

349. *Invenire logarithmum pro numeris majoribus, quam in Canone continentur, minoribus tamen 10000000.*

RESOLUTIO.

1. Reſecentur 4 notæ ad ſiniſtram numeri dati & earum ex canone excerpatur logarithmus.
2. Characteriſticæ tot addantur unitates, quot notæ ad dextram reſiduæ (§. 347).

3. Lo-

(g) vide præfat. ad Arithmeticam Logarithm.
(h) in altera editione Arithmeticæ Logarithmicæ Briggii.

Digitized by Google

3. Logarithmus inventus ſubtrahatur a proxime ſequente in canone.

4. Inferatur: ut differentia numerorum in canone evolutorum ad differentiam tabularem logarithmorum ipſis reſpondentium; ita notæ reſiduæ numeri dati ad differentiam logarithmicam *per probl. 33.* (§.302) inveniendam: quæ ſi

5. Addatur logarithmo *per n. 1 & 2* invento; ſumma erit logarithmus quæſitus.

E. gr. quæritur logarithmus numeri 92375. Reſeca quatuor notas 9237 & characteriſticam 3 logarithmi iis in tabulis minoribus reſpondentis 3.9655309 auge unitate. Hinc

e logarith. numeri 9238 =	3.9655780
ſubduc. log. num. 9237 =	3.9655309
relinquitur differ. tabul. - -	471

Inferatur: 10 — 471 — 5
5) 2 —— 1 (§. 316).
235

Jam logarithmo	4.9655309
addatur different. inventa	235
Summa eſt logar. quæſ.	4.9655544

SCHOLION.

350. *Differentia equidem logarithmorum non ſunt differentiis numerorum proportionales: ad praxin tamen, ubi in minimis ſcrupuloſi non ſumus, methodus tradita ſufficit, ſi præſertim notæ reſidua numeri dati non fuerint adeo multæ. Certe in noſtro caſu adeo exactum reperimus, ut accuratior in tabulis majoribus* Briggii *non occurrat.*

PROBLEMA 38.

351. *Invenire logarithmum fractionis, cujus numerator minor denominatore.*

RESOLUTIO.

1. Logarithmus numeratoris ſubtrahatur a logarithmo denominatoris.

2. Reſiduo præfigatur ſignum ſubtractionis —.

E. gr. Quærendus eſt logarithmus fractionis $\frac{3}{7}$.

Logarithmus 7 =	0.8450980
Logarithmus 3 =	0.4771213
Logarithmus $\frac{3}{7}$ =	— 0.3679767

DEMONSTRATIO.

Cum fractio ſit quotus, ex diviſione numeratoris per denominatorem emergens (§. 238); logarithmus ejus eſt differentia logarithmorum numeratoris ac denominatoris (§. 343), adeoque ſi numerator minor denominatore, major logarithmus e minore ſubtrahendus, quo in caſu differentia evadit negativa (§. 105). *Q. e. d.*

SCHOLION.

352. *Logarithmum fractionis propria eſſe negativum, ſi unitatis ſit 0, jam notavit*

tavit Stifelius (i), *& mirum non eſt. Fractio enim minor unitate* (§. 221). *Sed unitatis logarithmus eſt* o (§. 346). *Ergo fractionis logarithmus eſt nihilo minor.*

COROLLARIUM 1.

353. Cum in fractione ſpuria $\frac{9}{5}$ numerator ſit major denominatore; ejus logarithmus habetur, ſi logarithmus denominatoris a logarithmo numeratoris ſubtrahitur (§. 238. 343).

Logarithmus 9 = 0.9542425
Logarithmus 5 = 0.6989700

Logarithmus $\frac{9}{5}$ = 0.2552725

COROLLARIUM 2.

354. Quoniam integra cum adhærente fractione $3\frac{2}{7}$ ad fractionem ſpuriam $\frac{23}{7}$ reduci poſſunt (§. 224); eodem modo invenietur eorum logarithmus.

Logarithmus 23 = 1.3617278
Logarithmus 7 = 0.8450980

Logarithmus $3\frac{2}{7}$ = 0.5166289

PROBLEMA 39.

355. *Invenire numerum logarithmo reſpondentem, qui in tabulis accuratus non occurrit.*

RESOLUTIO.

I. Si numerus, cui convenit logarithmus, inter 1000 & 10000 cadit, hoc eſt, ſi characteriſtica fuerit 3 (§. 347).

1. Logarithmus proxime minor dato ſubtrahatur a proxime majore, itidemque a logarithmo dato.

2. Inferatur: ut differentia prior ad 100, ita ſecunda ad partes centeſimas *per probl. 33.* (§. 302) inveniendas & numero, qui logarithmo proxime minori in tabulis reſpondet, addendas, ut habeatur numerus prope verus, cui logarithmus datus convenit.

E. gr. Quæratur numerus reſpondens Logarithmo 3.7589982

Logarithmus proxime major 3.7590632
minor 3.7589875

Differentia prima 757

Logarithmus datus 3.7589982
proxime minor 3.7589875

Differentia ſecunda 107

757—100—107 | 107.00 (14
100 | 757

10700 | 313.0
302 8

102

Cum numerus logarithmo minori conveniens ſit 5741; quæſitus erit $5741\frac{14}{100}$.

II. Si numerus, cui convenit logarithmus datus, inter 1 & 1000 locum reperiat, hoc eſt, ſi characteriſtica fuerit o, 1 vel 2 (§. 347), characteriſtica mutatur in 3 & logarithmus quæritur inter 1000 &

O 2 10000.

(i) in Arithmet. integra lib. 3. c. 5. p. 249 b.

Digitized by Google

10000: qui enim ibi eidem reſpondet numerus, tot fractiones decimales adjunctas habet, quot characteriſticæ unitates acceſſere (§. 346).

E. gr. Quæratur numerus logarithmo 1.9201662 conveniens. Cum in tabulis proxime minori reſpondeat numerus 83; logarithmus idem evolvitur ſub characteriſtica 3 poſt 8300, ubi proxime minori reſpondet numerus 83.21. Eſt itaque quæſitus $83\frac{21}{100}$. Quodſi fractionibus his non fueris contentus per caſum primum minores iſtis inveniniri poſſunt.

PROBLEMA 40.

356. *Invenire numerum convenientem logarithmo majori iis, qui in tabulis continentur.*

RESOLUTIO.

1. A logarithmo dato ſubtrahatur logarithmus numeri 10, vel 100, vel 1000, vel 10000, donec relinquatur logarithmus ultimo tabulæ minor.
2. Quæratur numerus ei reſpondens (§. 355) &
3. Multiplicetur per 10, vel 100, vel 1000, vel 10000.

Factum eſt numerus quæſitus (§. 346).

E. gr. Quærendus eſt numerus logarithmi 7.7589982. Subtrahatur logarithmus numeri 10000, qui eſt, 4 0000000, ut relinquatur 3.7589982, cui reſpondens numerus $5741\frac{11}{100}$ ducatur in 10000 factum 57411100 erit numerus quæſitus.

SCHOLION.

357. *Facile apparet, ſubtrahi poſſe logarithmum numeri cujuscunque in tabula occurrentem, modo per eundem numerum multiplicetur, qui logarithmo reſiduo reſpondet. Sed operatio tædioſa evadit.*

PROBLEMA 41.

358. *Invenire numerum dato logarithmo defectivo reſpondentem.*

RESOLUTIO.

1. Dato logarithmo defectivo addatur logarithmus ultimus tabulæ ſive numeri 10000, hoc eſt, ille ab hoc ſubtrahatur.
2. Logarithmo reſiduo conveniens numerus quæratur (§. 355).

Dico, hunc eſſe numeratorem fractionis, cujus denominator eſt 10000.

E. gr. Quæratur fractio reſpondens Logar. defectivo — 0.3679767. Hic ex 4.0000000 ſubd. relinquit 3.6320233, cui convenit numerus $4285\frac{71}{100}$. Eſt ergo fractio quæſita $\frac{428571}{1000000}$.

DEMONSTRATIO.

Cum fractio ſit quotus ex diviſione numeratoris per denominatorem

torem emergens (§.238); erit unitas ad fractionem ut denominator ad numeratorem (§.69). Sed ut unitas ad fractionem dato logarithmo defectivo reſpondentem, ita 10000 ad numerum logarithmo reſiduo convenientem (§.337. 66): Ergo ſi 10000 ſumatur pro denominatore, erit numerus iſte numerator fractionis quæſitæ (§. 305). *Q. e. d.*

PROBLEMA 42.

359. ***Datis tribus numeris invenire quartum proportionalem.***

RESOLUTIO.

1. Logarithmus ſecundi addatur logarithmo tertii.
2. Ab aggregato ſubtrahatur logarithmus primi.

Reſiduus eſt logarithmus quarti quæſiti (§.302. 337. 343).

E. gr. Sint numeri dati 4, 68 & 3.

Logarithm. 68	= 1.8325089
Logarithm. 3	= 0.4771213
Aggregatum	= 2.3096302
Logarithmus 4	= 0.6020600
Logarith. quæſ.	1.7075702,

cui in Tabulis reſpondet numerus 51.

SCHOLION.

360. *Problematis hujus uſus præſtantiſſimus in Trigonometria elucet: cujus gratia pro numeris etiam naturalibus quæſiti ſunt a* Briggio *&* Vlacco *Logarithmi, cum* Neperus *tantum canonem unut diverſæ indolis logarithmorum pro ſinibus & tangentibus conſtruxiſſet. Tyrones igitur hanc de Logarithmis doctrinam tantiſper ſeponant, donec ad Trigonometriam pedem promoverint.*

CAPUT IX.

De

FRACTIONIBUS DECIMALIBUS.

DEFINITIO 65.

361. ***Fractio decimalis*** eſt, cujus denominator eſt ***articulus*** quidam ***primarius*** 10, 100, 1000, 10000 &c. (§.305).

COROLLARIUM 1.

362. Progrediuntur adeo denominatores in ratione decupla.

SCHOLION 1.

363. E. gr. *Si fuerit fractio decimalis* $\frac{542857}{1000000}$, *eadem æquivalet huic ſeriei:*

$\frac{3}{1}+\frac{4}{10}+\frac{2}{100}+\frac{8}{1000}+\frac{5}{10000}+\frac{7}{100000}$, *cujus denominatores* 1. 10. 100. 1000. 10000. 100000 *in ratione decupla progrediuntur.*

COROLLARIUM 2.

364. Quoniam logarithmi progreſſionis geometricæ 1. 10. 100. 1000. 10000. 100000 ſunt 0. 1. 2. 3. 4. 5 (§. 346); ſi fractiones decimales ſub forma numerorum integrorum ſcribantur, veluti in noſtro caſu loco $\frac{342857}{100000}$ aut $\frac{3}{1}+\frac{4}{10}+\frac{2}{100}+\frac{8}{1000}+\frac{5}{10000}+\frac{7}{100000}$ ſcribatur 3. 42857 (§. 306), loco denominatorum numeratoribus ſolitarie poſitis opportune tanquam *apices* adjiciuntur logarithmi. Ita loco fractionis $\frac{342857}{100000}$ ſcribimus $3^{0}.4^{I}2^{II}8^{III}5^{IV}7^{V}$.

COROLLARIUM. 3.

365. Quoniam apices, qui ſunt logarithmi denominatorum fractionum decimalium, in ſerie numerorum naturalium progrediuntur; ſufficit notæ ultimæ adjici apicem convenientem, ceteris omiſſis, veluti in noſtro caſu 3. 42 857^{V}.

COROLLARIUM 4.

366. Cum logarithmus fractionis inveniatur, ſi logarithmus denominatoris a logarithmo numeratoris ſubtrahitur (§. 351), denominator autem fractionis decimalis fit articulus primarius (§. 361), adeoque ejus logarithmus præter characteriſticam nonniſi meris cyphris conſtet (§. 346): a characteriſtica logarithmi numeratoris fractionis decimalis nonniſi characteriſtica logarithmi denominatoris ſubtrahenda, ut habeatur logarithmus fractionis decimalis.

SCHOLION 1.

367. *E. gr. Si fractio decimalis fuerit* 8. 735; *logarithmus numeratoris* 8735 *eſt* 3.9412629, *denominatoris* 1000 *vero* 3.0000000, *adeoque logarithmus fractionis decimalis datæ* 0.9412629. *Si fractio decimalis fuerit* 0. 324; *logarithmus numeratoris eſt* 2.5105456, *denominatoris* 1000 *vero* 3.0000000, *conſequenter logarithmus fractionis decimalis* — 1. 5105456. *Iidem ergo ſunt logarithmi fractionum decimalium, qui numerorum integrorum, niſi quod characteriſtica differant.*

COROLLARIUM 5.

368. Quia characteriſtica logarithmi denominororis fractionis decimalis eadem eſt cum apice ultimæ notæ (§. 364); logarithmus fractionis decimalis prodit, ſi a logarithmi numeratoris characteriſtica apex ultimæ notæ ſubducitur (§. 366).

SCHOLION 2.

369. *E. gr. In fractione decimali* 8. 735^{III} *apex ultima nota eſt* 3; *a logarithmi igitur numeri* 8735, *qui eſt*, 3. 9412629, *characteriſtica* 3 *ſubducitur ternarius, ut prodeat logarithmus fractionis decimalis* 0. 9412629. *Apex iſte tot continet unitates, quot denominator habet cyphras, ſeu quot a puncto ſequuntur notæ: unde patet, ſi nullus adſcriptus fuerit apex, tot unitates a characteriſtica numeratoris ſubduci, quot denominator cyphras habet, ſeu quot notæ punctum ſequuntur.*

DEFINITIO 66.

370. *Fractio decimalis exacta eſt,* quæ

quæ veram exhibet rationem partis, quam deſignat, ad totum.

E. gr. $0.8 = \frac{8}{10} = \frac{4}{5}$ exprimit rationem partis 4 ad totum 5 veram, cum ſit $8 : 10 = 4 : 5$ (§. 181).

DEFINITIO 67.

371. *Fractio decimalis approximans* eſt, quæ rationem partis, quam deſignat, ad totum exhibet prope veram, nempe vel vera minorem, vel majorem, defectu tamen vel exceſſu infra unitatem notæ ultimæ convenientem exiſtente.

E. gr. $\frac{3}{7} > 0.42857$, ſed < 0.42858. Exprimit adeo fractio approximans $\frac{42857}{100000}$ rationem non niſi prope veram defectu ſcilicet exiſtente minore, quam $\frac{1}{100000}$.

DEFINITIO 68.

372. *Notæ* fractionum decimalium *ejusdem ordinis* dicuntur, quarum iidem ſunt denominatores vel apices.

E. gr. Si duæ fuerint fractiones decimales 0. 42857 & 0. 0047, notæ 8 & 4 ejusdem ordinis ſunt, quoniam utrique reſpondens denominator eſt 1000 vel apex $'''$: nam 8 deſignat $\frac{8}{1000}$ & 4 denotat $\frac{4}{1000}$.

PROBLEMA 43.

373. *Fractiones decimales addere, vel a ſe invicem ſubtrahere.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Quoniam fractiones decimales perinde ac numeri integri conſtant ex notis, quarum unitates in ratione decupla progrediuntur (§. 364); notis ejusdem ordinis ſub ſe invicem ſcriptis additio & ſubtractio eodem modo peragitur ac in numeris vulgaribus (§. 98. 103), niſi quod in appoximantibus locus ultimus ſit incertus. (§. 371).

Vide exemplum

I. Additionis:

3.50782^{V}	0.0638^{IV}
0.0003	0.00562^{V}
51.247	7.138
54.75512	7.20742

II. Subtractionis.

2.7864^{IV}	0.95436^{V}
0.158	0.08512
2.6284	0.86924

PROBLEMA 44.

374. *Fractiones decimales per ſe invicem multiplicare.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Si fractiones decimales ad formam numerorum integrorum reducantur (§. 306), multiplicatio peragitur ut in integris (§. 111), hoc unice notato, quod, quoniam apices ſunt logarithmi denomina-

minatorum (§. 364), apex facti notarum in ſe invicem ductarum inveniatur, ſi earum apices addantur (§. 337).

E. gr. Si multiplicanda fuerit fractio decimalis $\frac{42857}{100000}$ per $\frac{47}{10000}$ hoc eſt, 0.42857^{V} per 0.0047^{IV} multiplicatio peragitur communi more ducendo 42857 primum in 7 & deinde in 4 ſive 40. Quoniam vero apex ultimus multiplicandi eſt 5 & multiplicatoris 4;

```
    0.42857
     0.0047
-----------
     299999
    171428
-----------
0.002014279
```

ſumma 9 dat apicem ultimum producti: unde apparet a ſiniſtris adjiciendas eſſe tres cyphras, quarum prima puncto notata deſignat locum integrorum.

COROLLARIUM 1.

375. Quodſi factor unus fuerit fractio decimalis approximans, cum fieri poſſit, ut multiplum notæ deficientis, quæ ultimam 6 proxime ſequitur, ſit novenario major, conſequenter multiplum notæ ultimæ 6 inde augeatur (§. 111); in facto numerus locorum, in

```
2.3576+
   0.34
-------
  94304
 70728
-------
0.801584
```

quibus notæ ſunt incertæ, numerum notarum in factore exacto unitate ſuperat, veluti in noſtro exemplo notæ tres ultimæ 584 ſunt incertæ, adeoque factum ſumitur 0.801.

COROLLARIUM 2.

376. Si uterque factor fuerit approximans, eodem modo intelligitur, loca in factore incerta unitate excedere numerum notarum factoris longioris, veluti in adjecto exemplo, in quo numerus longior conſtat notis 5, loca incerta ſunt numero 6, adeoque nonniſi duæ notæ dexteriores 11 certæ ſunt. In exemplo anteriore ſi factor 0.34 ponatur quoque approximans, nulla prorſus nota certa eſt.

```
  18.357
    6.34
--------
   73428
  55071
 110142
--------
116.38338
```

COROLLARIUM 3.

377. Quodſi nota deficiens, quæ proxime ſequitur, ultimæ fuerit æqualis in multiplicando & multiplicator exactus; tum in multiplicatione apparet, quot unitatibus augeri debeat multiplum notæ dextimæ, ut nulla in facto nota incerta evadat. E gr. in noſtro exemplo, ubi nota deficiens eſt 6, facto ex 6 in 8 adjiciuntur 4 & alteri ex 6 in 6 adduntur 3.

```
0.6666
   6.8
------
 53332
39999
------
453322
```

SCHOLION.

378. *Caſus alios brevitatis gratia prætermittimus.*

PROBLEMA 45.

379. *Fractionem decimalem per decimalem dividere.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Si fractiones decimales ad formam numerorum integrorum reducan-

Digitized by Google

ducantur (§.306), diviſio peragitur ut in numeris integris (§.117), hoc unice notato, quod, quoniam apices ſunt logarithmi denominatorum (§.364), apex quoti inveniatur, ſi apex diviſoris ab apice dividendi ſubtrahatur (§.343) & dividendo adjungantur cyphræ, ſi diviſor major fuerit vel dividendum non metiatur.

E. gr. Si 0.002014279 dividatur per 0.0047, quotus eſt 0.42857 (§. 374. 210). Nimirum 2014279 dividitur per 47, ut obtineatur quotus 42857. Jam cum notæ diviſoris 4 conveniat apex 3 & notæ dividendi 0 apex 4, differentia 1 eſt apex notæ primæ quoti 4. Cum adeo quotus incipiat a partibus decimis, ut omnia loca compleantur eidem præfigitur cyphra, cum nullum fractioni adhæreat integrum. Similiter ſi 0.002014279 dividatur per 0.42857, quotus eſt 0.0047 (*§. cit.*). Nimirum 2014279 dividitur per 42857, ut obtineatur quotus 47. Jam cum notæ dividendi 0 conveniat apex 4 & notæ diviſoris 4 apex 1, differentia 3 eſt apex notæ quoti 4. Cum adeo quotus incipiat a particulis milleſimis (§ 364). eidem præfigendæ ſunt cyphræ 3, ut habeatur fractio completa 0.0047.

COROLLARIUM. 1.

380. Quod ſi diviſor fuerit fractio decimalis approximans, adeoque nota ultima vel juſto major, vel minor (§.371); factum ex diviſore in quotum duabus ultimis notis deficere poteſt. Quare cum a notis dividendi vel juſto plus, vel minus ſubtrahatur; ubi diviſor ad easdem fuerit promotus, notæ quoti incertæ evadent. E. gr. Si dividendus fuerit 21.3456 & diviſor 3.82 fractio approximans, nonniſi unica nota quoti 5. certa eſt.

COROLLARIUM 2.

381. Si dividendus fuerit fractio decimalis approximans, diviſor exactus; nonniſi notam quoti ultimam ſubinde incertam evadere poſſe patet.

COROLLARIUM 3.

382. Si & diviſor, & dividendus fuerint fractiones approximantes, evidens eſt porro in determinandis locis certis reſpiciendum eſſe vel dividendum, vel diviſorem, prout diviſoris, vel dividendi nota deficiens propior fuerit primæ diviſoris notæ. E. gr. Si diviſor ſit 2.5786, dividendus 3.067, adeoque cyphris augendus, ut diviſio fieri poſſit; evidens eſt certitudinem expirare in nota tertia diviſoris 6, conſequenter junctis duabus cyphris diviſionem eo usque continuari, ut prodeat quotus certus 1. 1.

PROBLEMA 45.

383. *Notas certas in multiplicatione & diviſione fractionum decimalium approximantium accuratius determinare.*

RESOLUTIO.

Notæ factorum dextimæ ſumantur nunc juſto majores, nunc juſto minores; in diviſione nunc nota dextima in dividendo juſto major, in diviſore juſto minor & con-

contra: quæ in utraque multiplicatione ac diviſione eædem proveniunt notæ, eæ ſunt accuratæ. Quodſi ergo in exemplo ſuperiori multiplicationis, ubi notæ ultimæ factorum ponuntur juſto minores, eorum loco ſumantur 18.358 & 6.35; factum quod obtinetur 116.57330 convenit cum ſuperiori 116.38338 quoad tres notas dextimas 116: eæ igitur ſolæ certæ ſunt. Patet autem certam ſic fieri notam tertiam 6, quæ per ſuperiora in dubio relinquebatur (§.376). Similiter ſi in exemplo diviſionis ſuperiori (§.382) nunc 3068 dividas per 2.5786, nunc 3067 per 2.5787; quotus utrobique eſt 1.1; unde patet, nonniſi duas iſtas notas certas eſſe, quas ſuperius tales agnovimus.

```
   18.358
     6.35
---------
    91790
   55074
  110148
---------
116.57330
```

SCHOLION.

384. *Ipſa praxis loquetur, nos ſubinde poſſe eſſe contentos, quod notas certas agnoſcamus, quæ per ſuperiora (§. 376. 382) tales deprehenduntur, ut adeo tædio repetitæ multiplicationis vel diviſionis ſuperſedere queamus.*

CAPUT X.

De

FRACTIONIBUS SEXAGESIMALIBUS.

DEFINITIO 69.

385. *Fractiones ſexageſimales* ſunt, quarum denominatores creſcunt in ratione ſexagecupla. Dicuntur etiam *Minutiæ phyſicales*.

SCHOLION.

386. E. gr. *Si integrum ſit* 1, *fractiones iſtiusmodi ſunt* $\frac{1}{60}, \frac{1}{3600}, \frac{1}{216000}$ &c.

COROLLARIUM.

387. Quoniam logarithmi progreſſionis geometricæ 1. 60. 3600. 216000. 12960000 &c. ſunt 0. 1, 2. 3. 4 &c. (§. 334); ſi fractiones ſexageſimales inſtar numerorum integrorum ſcribendæ, numeratoribus ſolitarie poſitis perinde ac in fractionibus decimalibus tanquam apices adjiciendi ſunt logarithmi. E gr. $\frac{3}{1} = 3^{\circ}$, $\frac{35}{60} = 35'$, $\frac{46}{3600} = 46''$ &c.

DEFINITIO 70.

388. Pars ſexageſima integri dicitur *Minutum* ſive *ſcrupulum primum*; pars ſexageſima minuti primi *Minutum* ſive *ſcrupulum ſecundum*; pars ſexageſima minuti ſecundi *Minutum* ſive *ſcrupulum tertium* & ita porro.

CO-

COROLLARIUM.

389. Scrupuli adeo primi apex ſive index eſt 1, ſecundi 2, tertii 3 & ita porro (§.387).

SCHOLION.

390. *Hac ratione fractiones reducuntur ad numeros integros, ut integrorum inſtar tractari queant.*

PROBLEMA 46.

391. *Fractiones ſexageſimales addere.*

RESOLUTIO.

Additio eodem prorſus modo peragitur, quo numeri heterogenei in unam ſummam colliguntur (§.99).

E. gr.	35°	46′	8″	15‴
	17	20	15	40
		14	18	
	53 .	20 .	41 .	55

PROBLEMA 47.

392. *Fractiones ſexageſimales a ſe invicem ſubtrahere.*

RESOLUTIO.

Subtrahuntur a ſe invicem eodem prorſus modo, quo numerorum heterogeneorum ſubtractio fieri ſolet (§.104).

E. gr.	28°.	15′.	4″.	20‴
	17	29	18	45
	10 .	45 .	45 .	35

Nimirum unitas mutuo petita a ſpecie majore hic valet 60. Ita 1″ = 60‴, 1′ = 60″, 1° = 60′ (§.388).

PROBLEMA 48.

393. *Fractiones ſexageſimales per ſexageſimales multiplicare.*

RESOLUTIO.

Multiplicatio fractionum ſexageſimalium coincidit cum multiplicatione decimalium (§.374), niſi quod ex ſpecie minore abjiciatur toties ſexagenarius, quoties fieri poteſt, & tot ſpeciei proxime majori addantur unitates, quoties ſexagenarius fuit abjectus (§.388): id quod diviſio per 60 prodit (§.223).

E. gr. Si multiplicandus 3° 15′ 38″, multiplicator 2° 18′ 47″. Duc ſingulas partes multiplicandi 1. in 47, 2. in 18, 3. in 2: erit factum ex 38 in 47 = 1786 ſcr. quartis = 29‴. 46ᴵⱽ. Scribuntur adeo 46 pro ſpecie minima infra lineam cum ſuo apice & 29‴ reſervantur ſpeciei proxime ſequenti annumeranda. Cum igitur factum ex 47″ in 15′ = 705‴; additis 29 prodibunt 734‴ = 12″. 14‴. Scribuntur adeo 10 infra lineam & 12″ reſervantur facto proxime ſequenti ex 3° in 47″ addenda. Eodem modo ubi perrexeris, obtinebuntur tandem facta partialia, quæ in unam ſummam (§. 391) collecta exhibent factum quæſitum 7° 32′ 30″ 38‴ 46ᴵⱽ aut, ſi prope verum quæſiveris, 7° 32′ 31″, cum ſpecies proxime major dimidium illius ſuperet, aut 30 fuerit major. Vide exemplum:

	3°	$15'$	$38''$		
	2	18	47		
	2	33	14	46^{IV}	
9	58	41	24		
6	31	16			
7°	$32'$	$30''$	$38'''$	46^{IV}	

SCHOLION.

394. *Ne tædia diviſionis devoranda ſint, conſtructus eſt* Canon hexacontadon, *qui facta in ſpecies reſoluta exhibet, veluti factum ex* 38 *in* 47 = 29.46. *Ratio conſtructionis ex operatione in problemate præcepta patet, modo notetur, perinde ac in abaco Pythagorico* (§. 109) *factorem unum a latere, alterum in fronte canonis deſcribi.*

PROBLEMA 49.

395. *Fractiones ſexageſimales per ſexageſimales dividere.*

RESOLUTIO.

Diviſio peragitur ut in fractionibus decimalibus, niſi quod in multiplicatione quoti per diviſorem tenenda ſint, quæ paulo ante in multiplicatione præcepimus (§. 393) &, ubi ſpecies dividendi prima fuerit minor ſpecie diviſoris prima, iſta reducenda ſit ad ſpeciem proxime minorem & ſequenti addenda, ut diviſioni ſit locus.

E. gr. Si $7^{\circ}\ 32'\ 30''\ 38'''\ 46^{IV}$ dividere jubeamur per $2^{\circ}\ 18'\ 47''$; quære quoties 2 in 7 contineatur, & quoti loco ſcribe 3°. Duc 3° in $2^{\circ}\ 18'\ 47''$ & factum $6^{\circ}\ 56'\ 21''$ ſubtrahe ex $7^{\circ}\ 32'\ 30''$, ut relinquatur $36'\ 9''$. Junge reſiduo ſpeciem ſequentem 38 & diviſionem eodem modo continua, donec ea tandem fuerit abſoluta, quemadmodum ex typo exempli liquet:

$2^{\circ}\ 18'\ 47''$)	7°	$32'$	$30''$	$38'''$	46^{IV}	($3^{\circ}\ 15'\ 38''$
	6	56	21	::	::	
		36	9	38	::	
		34	41	45	::	
		1	27	53	::	
ſive			87	53	46	
			87	53	46	
				0		

SCHOLION.

396. *Non abſimili modo algorithmus fractionum aliarum quarumcunque abſolvitur, quarum denominatores in ratione quacunque data progrediuntur, veluti in duodecupla, quæ olim in diviſione menſuræ linearum obtinuit.*

FINIS ARITHMETICÆ.

Pag.	Lin.	Errata	Corrigenda.
36.2	5	65	67
	7	64.66	67.68
53	15	112	212

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ELEMENTA GEOMETRIÆ.

Digitized by Google

Digitized by Google

PRÆFATIO.

PErexiguus eſt eorum numerus, qui Geometriæ pretium ſuum ſtatuunt: notatione enim deluſi cum arte agrimenſoria eam peſſime confundunt, nec ea animo ipſorum obverſatur idea, quæ nomen tam auguſtum excitare debebat. Omnis nimirum cognitionis diſtinctæ fundamenta jacit Geometria cum Arithmetica, ita ut non minor in ſcientiis, quam in artibus ejus ſit uſus. Equidem ob problemata, quorum reſolutionem trado, nonniſi ad locorum diſtantias variorumque objectorum altitudines, agrorum & camporum areas, corporumque molem dimetiendum conducere videtur; contrarium tamen luce meridiana clarius elucebit, cum ad reliquas Matheſeos partes inferius applicabitur. Non hic repeto, quæ de vi Geometriæ in perficiendo intellectu jam ſuperius (*) dicta ſunt. Ne vero hoc fructu careret Geometriæ ſtudium; a rigore in demonſtrando recedendum minime fuit. Hinc definio, quæ vulgo definiri non ſolent, & paſſim demonſtro, quæ ſine probatione ab aliis aſſumuntur. Equidem haud difficulter prævideo, fore ut imperitis improbetur hic auſus; ſed ſufficit eum probari peritis, & quod majus eſt,

(*) in Commentat. de methodo §. 52. 53. p. 16.

Digitized by Google

minatorum (§. 364), apex facti notarum in ſe invicem ductarum inveniatur, ſi earum apices addantur (§. 337).

E. gr. Si multiplicanda fuerit fractio decimalis $\frac{42857}{100000}$ per $\frac{47}{10000}$ hoc eſt, 0.42857^{V} per 0.0047^{IV} multiplicatio peragitur communi more ducendo 42857 primum in 7 & deinde in 4 ſive 40. Quoniam vero apex ultimus multiplicandi eſt 5 & multiplicatoris 4; ſumma 9 dat apicem ultimum producti: unde apparet a ſiniſtris adjiciendas eſſe tres cyphras, quarum prima puncto notata deſignat locum integrorum.

```
    0.42857
     0.0047
-----------
    299999
   171428
-----------
0.0020142 79
```

COROLLARIUM 1.

375. Quodſi factor unus fuerit fractio decimalis approximans, cum fieri poſſit, ut multiplum notæ deficientis, quæ ultimam 6 proxime ſequitur, ſit novenatio major, conſequenter multiplum notæ ultimæ 6 inde augeatur (§. 111); in facto numerus locorum, in quibus notæ ſunt incertæ, numerum notarum in factore exacto unitate ſuperat, veluti in noſtro exemplo notæ tres ultimæ 584 ſunt incertæ, adeoque factum ſumitur 0. 801.

```
2.3576+
  0.34
---------
  94304
 70728
---------
0.801584
```

COROLLARIUM 2.

376. Si uterque factor fuerit approximans, eodem modo intelligitur, loca in factore incerta unitate excedere numerum notarum factoris longioris, veluti in adjecto exemplo, in quo numerus longior conſtat notis 5, loca incerta ſunt numero 6, adeoque nonniſi duæ notæ dexteriores 11 certæ ſunt. In exemplo anteriore ſi factor 0, 34 ponatur quoque approximans, nulla prorſus nota certa eſt.

```
  18,357
    6.34
----------
   73428
  55071
110142
----------
116.38338
```

COROLLARIUM 3.

377. Quodſi nota deficiens, quæ proxime ſequitur, ultimæ fuerit æqualis in multiplicando & multiplicator exactus; tum in multiplicatione apparet, quot unitatibus augeri debeat multiplum notæ dextimæ, ut nulla in facto nota incerta evadat. E gr. in noſtro exemplo, ubi nota deficiens eſt 6, facto ex 6 in 8 adjiciuntur 4 & alteri ex 6 in 6 adduntur 3.

```
0.6666
   6.8
--------
 53332
39999
--------
453322
```

SCHOLION.

378. *Caſus alios brevitatis gratia prætermittimus.*

PROBLEMA 45.

379. *Fractionem decimalem per decimalem dividere.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Si fractiones decimales ad formam numerorum integrorum reducan-

Digitized by Google

ducantur (§.306), diviſio peragitur ut in numeris integris (§.117), hoc unice notato, quod, quoniam apices ſunt logarithmi denominatorum (§.364), apex quoti inveniatur, ſi apex diviſoris ab apice dividendi ſubtrahatur (§.343) & dividendo adjungantur cyphræ, ſi diviſor major fuerit vel dividendum non metiatur.

E. gr. Si 0.002014279 dividatur per 0.0047, quotus eſt 0.42857 (§. 374. 210). Nimirum 2014279 dividitur per 47, ut obtineatur quotus 42857. Jam cum notæ diviſoris 4 conveniat apex 3 & notæ dividendi o apex 4, differentia 1 eſt apex notæ primæ quoti 4. Cum adeo quotus incipiat a partibus decimis, ut omnia loca compleantur eidem præfigitur cyphra, cum nullum fractioni adhæreat integrum. Similiter ſi 0.002014279 dividatur per 0.42857, quotus eſt 0.0047 (§. *cit.*). Nimirum 2014279 dividitur per 42857, ut obtineatur quotus 47. Jam cum notæ dividendi o conveniat apex 4 & notæ diviſoris 4 apex 1, differentia 3 eſt apex notæ quoti 4. Cum adeo quotus incipiat a particulis milleſimis (§ 364), eidem præfigendæ ſunt cyphræ 3, ut habeatur fractio completa 0.0047.

COROLLARIUM. I.

380. Quodſi diviſor fuerit fractio decimalis approximans, adeoque nota ultima vel juſto major, vel minor (§.371); factum ex diviſore in quotum duabus ultimis notis deficere poteſt. Quare cum a notis dividendi vel juſto plus, vel minus ſubtrahatur; ubi diviſor ad easdem fuerit promotus, notæ quoti incertæ evadent. E. gr. Si dividendus fuerit 21.3456 & diviſor 3.82 fractio approximans, nonniſi unica nota quoti 5. certa eſt.

COROLLARIUM 2.

381. Si dividendus fuerit fractio decimalis approximans, diviſor exactus; nonniſi notam quoti ultimam ſubinde incertam evadere poſſe patet.

COROLLARIUM 3.

382. Si & diviſor, & dividendus fuerint fractiones approximantes, evidens eſt porro in determinandis locis certis reſpiciendum eſſe vel dividendum, vel diviſorem, prout diviſoris, vel dividendi nota deficiens propior fuerit primæ diviſoris notæ. E. gr. Si diviſor ſit 2.5786, dividendus 3.067, adeoque cyphris augendus, ut diviſio fieri poſſit; evidens eſt certitudinem expirare in nota tertia diviſoris 6, conſequenter junctis duabus cyphris diviſionem eo usque continuari, ut prodeat quotus certus 1.1.

PROBLEMA 45.

383. *Notas certas in multiplicatione & diviſione fractionum decimalium approximantium accuratius determinare.*

RESOLUTIO.

Notæ factorum dextimæ ſumantur nunc juſto majores, nunc juſto minores; in diviſione nunc nota dextima in dividendo juſto major, in diviſore juſto minor & con-

contra: quæ in utraque multiplicatione ac diviſione eædem proveniunt notæ, eæ ſunt accuratæ. Quodſi ergo in exemplo ſuperiori multiplicationis, ubi notæ ultimæ factorum ponuntur juſto minores, eorum loco ſumantur 18.358 & 6.35; factum quod obtinetur 116.57330 convenit cum ſuperiori 116.38338 quoad tres notas dextimas 116: eæ igitur ſolæ certæ ſunt. Patet autem certam ſic fieri notam tertiam 6, quæ per ſuperiora in dubio relinquebatur (§.376). Similiter ſi in exemplo diviſionis ſuperiori (§.382) nunc 3068 dividas per 2.5786, nunc 3067 per 2.5787, quotus utrobique eſt 1.1: unde patet, nonniſi duas iſtas notas certas eſſe, quas ſuperius tales agnovimus.

$$
\begin{array}{r}
18.358 \\
6.35 \\
\hline
91790 \\
55074 \\
110148 \\
\hline
116.57330
\end{array}
$$

SCHOLION.

384. *Ipſa praxis loquetur, nos ſubinde poſſe eſſe contentos, quod notas certas agnoſcamus, quæ per ſuperiora (§. 376. 382) tales deprehenduntur, ut adeo tædio repetitæ multiplicationis vel diviſionis ſuperſedere queamus.*

CAPUT X.

De FRACTIONIBUS SEXAGESIMALIBUS.

DEFINITIO 69.

385. *Fractiones ſexageſimales* ſunt, quarum denominatores creſcunt in ratione ſexagecupla. Dicuntur etiam *Minutiæ phyſicales*.

SCHOLION.

386. E. gr. *Si integrum ſit* 1, *fractiones iſtiusmodi ſunt* $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{3600}$, $\frac{1}{216000}$ &c.

COROLLARIUM.

387. Quoniam logarithmi progreſſionis geometricæ 1. 60. 3600. 216000. 12960000 &c. ſunt 0. 1. 2. 3. 4 &c. (§. 334); ſi fractiones ſexageſimales inſtar numerorum integrorum ſcribendæ, numeratoribus ſolitarie poſitis perinde ac in fractionibus decimalibus tanquam apices adjiciendi ſunt logarithmi. E gr. $\frac{3}{1} = 3^{\circ}$, $\frac{35}{60} = 35'$, $\frac{46}{3600} = 46''$ &c.

DEFINITIO 70.

388. Pars ſexageſima integri dicitur *Minutum* ſive *ſcrupulum primum*; pars ſexageſima minuti primi *Minutum* ſive *ſcrupulum ſecundum*; pars ſexageſima minuti ſecundi *Minutum* ſive *ſcrupulum tertium* & ita porro.

CO-

COROLLARIUM.

389. Scrupuli adeo primi apex ſive index eſt 1, ſecundi 2, tertii 3 & ita porro (§.387).

SCHOLION.

390. *Hac ratione fractiones reducuntur ad numeros integros, ut integrorum inſtar tractari queant.*

PROBLEMA 46.

391. *Fractiones ſexageſimales addere.*

RESOLUTIO.

Additio eodem prorſus modo peragitur, quo numeri heterogenei in unam ſummam colliguntur (§.99).

E. gr.	35°	$46'$	$8''$	$15'''$
	17	20	15	40
		14	18	
	53 .	20 .	41 .	55

PROBLEMA 47.

392. *Fractiones ſexageſimales a ſe invicem ſubtrahere.*

RESOLUTIO.

Subtrahuntur a ſe invicem eodem prorſus modo, quo numerorum heterogeneorum ſubtractio fieri ſolet (§.104).

E. gr.	28°.	$15'$.	$4''$.	$20'''$
	17	29	18	45
	10 .	45 .	45 .	35

Nimirum unitas mutuo petita a ſpecie majore hic valet 60. Ita $1'' = 60'''$, $1' = 60''$, $1^{\circ} = 60'$ (§.388).

PROBLEMA 48.

393. *Fractiones ſexageſimales per ſexageſimales multiplicare.*

RESOLUTIO.

Multiplicatio fractionum ſexageſimalium coincidit cum multiplicatione decimalium (§.374), niſi quod ex ſpecie minore abjiciatur toties ſexagenarius, quoties fieri poteſt, & tot ſpeciei proxime majori addantur unitates, quoties ſexagenarius fuit abjectus (§.388): id quod diviſio per 60 prodit (§.223).

E. gr. Si multiplicandus $3^{\circ}\ 15'\ 38''$, multiplicator $2^{\circ}\ 18'\ 47''$. Duc ſingulas partes multiplicandi 1. in 47, 2. in 18, 3. in 2: erit factum ex 38 in 47 = 1786 ſcr. quartis = $29'''.\ 46^{IV}$. Scribuntur adeo 46 pro ſpecie minima infra lineam cum ſuo apice & $29'''$ reſervantur ſpeciei proxime ſequenti annumeranda. Cum igitur factum ex $47''$ in $15' = 705'''$; additis 29 prodibunt $734''' = 12''.\ 14'''$. Scribuntur adeo 10 infra lineam & $12''$ reſervantur facto proxime ſequenti ex 3° in $47''$ addenda. Eodem modo ubi perrexeris, obtinebuntur tandem facta partialia, quæ in unam ſummam (§.391) collecta exhibent factum quæſitum $7^{\circ}\ 32'\ 30''\ 38'''\ 46^{IV}$ aut, ſi prope verum quæſiveris, $7^{\circ}\ 32'\ 31''$, cum ſpecies proxime major dimidium illius ſuperet, aut 30 fuerit major. Vide exemplum:

	3°	15'	38''	
	2	18	47	
2	33	14	46^IV	
9 58	41	24		
6 31	16			
7°	32'	30''	38'''	46^IV

SCHOLION.

394. *Ne tadia diviſionis devoranda ſint, conſtructus eſt* Canon hexacontadon, *qui facta in ſpecies reſoluta exhibet, veluti factum ex 38 in 47 = 29. 46. Ratio conſtructionis ex operatione in problemate præcepta patet, modo notetur, perinde ac in abaco Pythagorico* (§. 109) *factorem unum a latere, alterum in fronte canonis deſcribi.*

PROBLEMA 49.

395. *Fractiones ſexageſimales per ſexageſimales dividere.*

RESOLUTIO.

Diviſio peragitur ut in fractionibus decimalibus, niſi quod in multiplicatione quoti per diviſorem tenenda ſint, quæ paulo ante in multiplicatione præcepimus (§. 393) &, ubi ſpecies dividendi prima fuerit minor ſpecie diviſoris prima, iſta reducenda ſit ad ſpeciem proxime minorem & ſequenti addenda, ut diviſioni ſit locus.

E. gr. Si $7° 32' 30'' 38''' 46^{IV}$ dividere jubeamur per $2° 18' 47''$; quære quoties 2 in 7 contineatur, & quoti loco ſcribe 3°. Duc 3° in 2° 18' 47'' & factum 6° 56' 21'' ſubtrahe ex 7° 32' 30'', ut relinquatur 36' 9''. Junge reſiduo ſpeciem ſequentem 38 & diviſionem eodem modo continua, donec ea tandem fuerit abſoluta, quemadmodum ex typo exempli liquet:

2° 18' 47'')	7°	32'	30''	38'''	46^IV	(3° 15' 38''
	6	56	21	: :	: :	
		36	9	38	: :	
		34	41	45	: :	
		1	27	53	: :	
ſive			87	53	46	
			87	53	46	
				0		

SCHOLION.

396. *Non abſimili modo algorithmus fractionum aliarum quarumcunque abſolvitur, quorum denominatores in ratione quacunque data progrediuntur, veluti in duodecupla, quæ olim in diviſione menſuræ linearum obtinuit.*

FINIS ARITHMETICÆ.

Pag.	Lin.	Errata	Corrigenda.
36.2	5	65	67
	7	64. 66	67. 68
53	15	112	212

Digitized by Google

Digitized by Google

ELEMENTA
GEOMETRIÆ.

Digitized by Google

Digitized by Google

PRÆFATIO.

PErexiguus eſt eorum numerus, qui Geometriæ pretium ſuum ſtatuunt: notatione enim deluſi cum arte agrimenſoria eam peſſime confundunt, nec ea animo ipſorum obverſatur idea, quæ nomen tam auguſtum excitare debebat. Omnis nimirum cognitionis diſtinctæ fundamenta jacit Geometria cum Arithmetica, ita ut non minor in ſcientiis, quam in artibus ejus ſit uſus. Equidem ob problemata, quorum reſolutionem trado, nonniſi ad locorum diſtantias variorumque objectorum altitudines, agrorum & camporum areas, corporumque molem dimetiendum conducere videtur; contrarium tamen luce meridiana clarius elucebit, cum ad reliquas Matheſeos partes inferius applicabitur. Non hic repeto, quæ de vi Geometriæ in perficiendo intellectu jam ſuperius (*) dicta ſunt. Ne vero hoc fructu careret Geometriæ ſtudium; a rigore in demonſtrando recedendum minime fuit. Hinc definio, quæ vulgo definiri non ſolent, & paſſim demonſtro, quæ ſine probatione ab aliis aſſumuntur. Equidem haud difficulter prævideo, fore ut imperitis improbetur hic auſus; ſed ſufficit eum probari peritis, & quod majus eſt,

(*) in Commentat. de methodo §. 52. 53. p. 16.

Digitized by Google

eſt, methodum noſtram præſtare, ne extra Matheſin ratiocinaturi in ſcopulos incidamus, in quos plerumque omnes hactenus incidiſſe, ſupra etiam (**) annotavimus. EVCLIDES & ejus exemplo hactenus omnes ex principio congruentiæ ſolo demonſtrarunt omnia: ſed cum ingenioſisſimus LEIBNITIVS Similitudinis notionem mecum communicaret, atque moneret, multum ejus in Geometria eſſe uſum, ego vero meditatus ampliſſimum deprehenderem; ſimilitudinis principium in Geometriam introducere nullus dubitavi. Multa igitur ex eo a me facillime demonſtrata deprehendes, quæ alias ex principio congruentiæ nonniſi per ambages demonſtrari ſolent. Nec injucundum arbitror, quod figurarum conſtructiones inter principia demonſtrandi nunc obtineant locum, quæ alias praxi tantum inſerviebant. Placuit tamen in nova hac editione mea ſimilitudinis notione uti, cum Leibnitiana clarior ſit. Tyrones definitionibus evolutis neglecta demonſtratione problemata ſolvant. Hoc labore perfuncti ex theorematum hypotheſibus figuras conſtruant & demonſtrationes empiricas ſuperaddant, quarum in ipſa pertractatione fit mentio. (***) Tandem eo ordine elementa relegant, quo conſcripta ſunt. Qui vero mentis acie pollent, illamque diu poſſunt habere attentam; difficultates non ſentient, etiamſi prima ſtatim vice ad ſingula animum advertant.

ELE-

(**) l. c. §. 52. p. 15. (***) in ſchol. theor. 7. §. 158.

ELEMENTA GEOMETRIÆ.

PARS PRIOR

Elementa Geometriæ planæ exhibet.

CAPUT I.

De PRINCIPIIS GEOMETRIÆ.

DEFINITIO 1.

1. *Geometria* eſt ſcientia extenſorum, quatenus terminata ſunt, hoc eſt, Linearum, ſuperficierum & ſolidorum.

SCHOLION.

2. *Quemadmodum extenſio ex ſimultanea alicujus rei per locum diffuſione oritur; ita in mente repræſentatur, dum multa in uno continuo ſimul percipimus. Hinc notio extenſionis non modo totius ac partium notiones involvit (§. 9.* Arith.); *ſed eadem in rerum aliarum notiones irrepit, quæ ideo per lineas, ſuperficies ac ſolida repræſentari poſſunt. Unde eſt, quod Geometria rebus plurimis applicari poſſit; ejusque adeo quam latiſſime pateat uſus.*

DEFINITIO 2.

3. *Congruere* dicuntur, quorum iidem termini eſſe poſſunt. Nempe *Congruentia* eſt coincidentia terminorum.

SCHOLION.

4. *Ne definitio negotium faceſſat, vitanda eſt vocis termini æquivocatio: id quod in ſequentibus ſatis cavetur. A termini vero definitione conſulto abſtinemus, ne ad demonſtrationes metaphyſicas dilabamur.*

DEFINITIO 3.

5. *Eundem ſitum habere* dicuntur, inter quæ idem extenſum poni poteſt.

DEFINITIO 4.

6. *Punctum* eſt, quod quaquaverſum ſeipſum terminat, ſeu quod non habet terminos alios a ſe diſtinctos.

COROLLARIUM 1.

7. Ergo omne punctum alteri cuicunque congruit (*§. 3*).

COROLLARIUM. 2.

8. Nec ullas in eo diſtinguere licet partes.

SCHOLION.

9. *Hinc* Euclides: *Punctum eſt, inquit, cujus pars nulla eſt. Nec ſine ratione punctum ut individuum concipiunt Geometræ, utut tale quid nec imagina-*

ginari, nec pingere valeamus. In praxi enim ipſa Geometrica ſummo cum ſtudio cavendum, ne punctum pars lineæ habeatur, cujus terminus exiſtit.

DEFINITIO 5.

Tab. I. Fig. 1. 10. *Linea* deſcribitur, ſi punctum ab uno puncto A ad alterum B movetur.

COROLLARIUM 1.

11. Termini igitur lineæ ſecundum longitudinem ſunt puncta A & B; ſecundum latitudinem & profunditatem ipſa ſui terminus eſt (§.6).

COROLLARIUM 2.

12. Quoniam punctum partes nullas habet (§. 8), linea nec lata, nec profunda eſſe poteſt, ſed in ſolam longitudinem extenditur.

SCHOLION 1.

13. *Quid ergo mirum, quod ſecundum latitudinem & profunditatem non habeat terminos a ſe diſtinctos*, vi Cor. 1. (§.11)?

SCHOLION 2.

14. *Quamvis corpus omne tribus dimenſionibus præditum ſit, nec una a reliquis actu ſeparari queat; neceſſarium tamen ac perutile eſt, ut unam abſque reliquis conſideremus. Neceſſitatem intellectus finitudo injungit, qui ad multa una diffundi nequit & hinc per abſtractionem divellere tenetur, quæ nexu indiviſo natura conjunxit. Utilitatem hujus abſtractionis caſus innumeri perſuadent, in quibus unam dimenſionem neglectis ceteris cognoſcere jubemur, e. gr. altitudinem turris ſine latitudine ac profunditate ipſius, latitudinem fluminis ſine longitudine ac profunditate ejuſdem.*

DEFINITIO 6.

15. *Diſtantia* eſt linea breviſſima inter duo.

SCHOLION.

16. *Ita e. gr. diſtantia arboris a domo eſt linea breviſſima, quæ ab illa ad hanc duci poteſt.*

DEFINITIO 7.

17. *Linea recta* AB eſt, cujus pars quæcunque eſt toti ſimilis. Tab. I. Fig. 1.

COROLLARIUM 1.

18. Lineæ igitur rectæ non differunt niſi quantitate (§. 26 *Arithm.*).

COROLLARIUM 2.

19. Cum lineæ deſcribantur, ſi punctum ab uno puncto ad alterum movetur (§.10); motus puncti deſcribentis in omnibus lineæ partibus idem eſſe debet: ſecus enim diverſitate hujus motus partes a ſe invicem diſtinguerentur, adeoque ſimiles non forent (§. 24 *Arithm.*) contra definitionem (§.17). Quoniam itaque motus puncti differre nequit niſi celeritate ac directione, celeritas vero ad deſcriptionem rectæ nil confert; ſola directionis habenda eſt ratio, conſequenter, recta deſcribitur, ſi punctum ab uno puncto A ad alterum B eadem directione movetur.

POSTULATUM 1.

20. *A quovis puncto A ad quodvis punctum B poſſe duci lineam rectam.* Tab. I. Fig. 1.

POSTU-

Digitized by Google

POSTULATUM 2.

21. *Lineam rectam terminatam AB utrinque produci poſſe.*

DEFINITIO 8.

22. *Linea curva* eſt, cujus partes toti diſſimiles.

DEFINITIO 9.

23. *Metiri* idem eſt ac quantitatem aliquam pro unitate aſſumere ac aliarum homogenearum rationem ad eandem exprimere. Quantitas, quæ pro unitate aſſumitur, *Menſura* dicitur.

SCHOLION.

24. *Hæc definitio latior praxi reſpondet: ſtrictius* Euclides *menſuram definit per quantitatem, qua aliquoties repetita alteri fit æqualis: quam nos in Arithmetica partem aliquotam diximus.*

DEFINITIO 10.

25. Hinc *Menſura linearum* eſt linea recta arbitrariæ longitudinis, in partes minores pro lubitu dividenda & ſubdividenda. Dividitur autem hodie a Geometris in 10 partes æquales, qui *Pedes* vocantur: unde ipſa *decempeda* appellatur. Pes ſubdividitur in 10 *Digitos*; digitus in 10 *Lineas* & ita porro.

SCHOLION.

26. *Menſura longitudo & diviſio non eadem eſt ubivis gentium. Varias differentias præter* Willebrordum Snellium (a) *exponunt* Ricciolus, (b) Malletus, (c) Cl. Eiſenſchmidius (d) *aliique. Aliquas celebrium menſurarum varietates repræſentat tabula ſequens in particulis iſtiusmodi, qualium pes regius Pariſinus eſt* 1440. *Continet is nempe* 12 *digitos, digitus* 12 *lineolas lineola,* 10 *particulas, adeoque pes integer particulas* 1440.

Pes Regius Pariſinus	1440	Conſtantinopolitanus	3140
Rhenanus	$1391\frac{1}{10}$	Bononienſis	$1682\frac{2}{3}$
Romanus	1320	Argentorat.	$1282\frac{3}{4}$
Londin.	1350	Norimberg.	$1346\frac{3}{4}$
Suecius	1320	Dantiſcanus	$1271\frac{1}{2}$
Danicus	$1403\frac{1}{3}$	Halenſis	1320
Venetus	1540		

SCHOLION 2.

27. *Diviſionem menſuræ decimalem primus introduxit* Stevinus, *teſte ipſius Geometria practica, dubio procul exemplo* Regiomontani. *Indicem autem decempedarum conſtituit* 0, *pedum* 1, *digitorum* 2, *linearum* 3 *&c. tanquam denominatorum logarithmos* (§. 364 Arithm.) *quos circello incluſos numeris adſcribit. Sed commodius* Johannes Bayerus *in Logiſtica decimali & Stereometria logarithmos characteribus Romanis expreſſos apicibus numerorum adſcribit. E. gr. tres perticæ, quinque pedes, ſeptem digiti & octo*

a) in Eratoſthene Batavo lib. 2. c. 1. usque ad 5. p. 121 & ſeqq. b) in Geogr. Reform. lib. 2. c. 7. f. 43 & ſeqq. c) Geometrie practique lib. 1. p. 108. d) in diſquiſit. nova de ponderibus & menſuris veterum Rom. Græc. & Hebr. Sect. 3. c. 1. p. 93. & ſeqq.

Digitized by Google

ecto linea ita ſcribuntur: $3^{\circ}\ 5'\ 7''\ 8'''$. *Commodiſſimum ſæpe accidit, ſi numeri integra ſive decempedas deſignantes a fractionibus decimalibus, pedibus nempe, digitis, lineis &c. puncto ſeparentur, uti monuimus in Arithmetica* (§. 306). *Ita loco* $3^{\circ}\ 5'\ 7''\ 8'''$ *ſcribemus* 3. 578. *Admodum R. P.* Franciſcus Noël *autor eſt* (e), *diviſionem decimalem non modo in menſuris, ſed & ponderibus Sinicis adhiberi.*

DEFINITIO 11.

28. *Superficies* eſt magnitudo duabus dimenſionibus prædita, ſeu in longitudinem & latitudinem extenſa.

COROLLARIUM.

29. Termini ſecundum longitudinem & latitudinem ſunt lineæ, ſecundum profunditatem ipſamet terminus ſui exiſtit.

SCHOLION.

30. *Nimirum in longitudine nullum aſſumi poteſt punctum, cui non reſpondeat aliqua linea ſecundum latitudinem & contra.*

DEFINITIO 12.

31. Per *Perimetrum* intelligimus continuum, quo aliud continuum terminatur.

DEFINITIO 13.

32. *Figura* eſt continuum perimetro terminatum.

SCHOLION.

33. *Dicitur tam de ſuperficiebus, quam de ſolidis. In priori caſu perimetri ſunt lineæ; in poſteriori ſuperficies.*

DEFINITIO 14.

34. *Figura rectilinea* eſt, cujus perimeter ex lineis rectis; *Curvilinea*, cujus perimeter ex curvis; *Mixtilinea*, cujus perimeter partim ex rectis, partim ex curvis conſtat.

DEFINITIO 15.

35. *Latus* eſt linea, quæ eſt pars perimetri figuræ ſuperficialis

DEFINITIO 16.

36. *Planum* ſeu *figura plana* eſt, ſi e quovis puncto perimetri ad quodlibet ejusdem rectam in eadem ducere licet.

DEFINITIO 17.

37. *Circulus* eſt figura plana, linea in ſe redeunte terminata, ex cujus ſingulis punctis ad punctum intermedium C, quod *Centrum* vocari ſolet, ductæ rectæ ſunt inter ſe æquales. Linea illa *Peripheria* dicitur. Tab. I. Fig. 2.

DEFINITIO 18.

38. *Chorda* AB eſt recta a peripheria ad peripheriam ducta.

DEFINITIO 19.

39. *Diameter* AE eſt chorda per centrum C tranſiens. Ejus dimidium AC ſive recta CD ex centro C ad

e) in Obſervationibus Mathematico-Phyſicis in India & China factis c. 7. p. 104 & ſeqq.

Digitized by Google

C ad peripheriam ducta dicitur *Semidiameter*, item *Radius*.

COROLLARIUM.

40 Radii ergo unius circuli inter ſe æquales ſunt (*§*.37).

DEFINITIO 20.

41. *Arcus* eſt pars quantalibet peripheriæ AB: *Gradus* vero eſt pars ejusdem trecenteſima ſexageſima. Quilibet gradus in 60 *Minuta prima*; minutum quodlibet in 60 *ſecunda*; ſecundum unumquodque in 60 *tertia* &c. ſubdividitur. *Euclides* arcum quoque *peripheriam* vocat.

COROLLARIUM.

42. Cum peripheria cujuslibet circuli in 360 gradus dividatur; circuli majoris gradus ſunt majores gradibus minoris.

SCHOLION.

43. *Scrupula graduum ſunt fractiones ſexageſimales* (*§*.385 Arithm.) *& apicibus ſuis notantur* (*§*.387 Arithm.). *Gradui tanquam integro ſeu unitati ceſſit* 0, *minuto primo* 1, *ſecundo* 2, *tertio* 3 *&c. conſequenter gradus cum ſuis ſcrupulis eodem modo ſcribuntur, quo decempeda cum ſuis* (*§*.27). *E. gr.* 3 *gradus*, 25 *minuta*, 16 *ſecunda ita ſcribis*: 3° 25′ 16″. *Etſi autem Ægyptii veteres, quibus hanc diviſionem acceptam ferunt, hoc artificio computum Aſtronomicum a fractionibus liberaverint, cum fractiones ſexageſimales inſtar numerorum integrorum tractari poſſint, nec ſine prudenti conſilio eundem in finem eum graduum numerum fecerint, qui per* 2. 3. 4. 5. 6. 8. 9 *exacte dividitur, nec minus eum fecerint exponentem rationis, juxta quam ſcrupula decreſcunt, quem* 2. 3. 4. 5 *&* 6 *metiuntur; non tamen ſine ratione ſuaſerunt poſt* Stevinum f) Oughredus g), Wallisius h) *aliique, ut ſepoſitis fractionibus ſexageſimalibus, decimales reciperentur: nulla enim in decimalibus reductione minorum fractionum ad majores, vel majorum ad minores opus eſt; ſexageſimales vero non ſine tædio reducuntur. Multiplicatio quoque & diviſio decimalium facilior quam ſexageſimalium* (*§*. 364 & ſeqq. 393 & ſeqq. Arithm.). *Id conſilium ſecuti ſunt* Henricus Briggius *in Canone triangulorum artificiali apud* Henricum Gellibrand *in Trigonometria Britannica*, Johannes Nevvton *in Aſtronomia pariter ac Trigonometria Britannica &* Nicolaus Mercator *in Inſtitutionibus Aſtronomicis*. Stevinus i) *contendit, eandem circuli diviſionem antiquitus, in* ſeculo ſapiente, *quod adſtruere conatur, obtinuiſſe*.

DEFINITIO 21.

44. *Circuli concentrici* ſunt, qui idem centrum habent: *Eccentrici* vero, qui habent diverſa.

DEFINITIO 22.

45. *Segmentum circuli* eſt pars ipſius Tab. I. Fig. 2.

Q 3

f) in præf. ad Tractat. de Logiſtica decimali. g) Clavi. Mathemat. c. 7. p. m. 2.
h) Algebræ c. 9. f. 39. Vol. II. Oper. Math.
i) in Coſmographia lib. 1, def. 6. f. 109. Operum Gallice editorum.

ipſius AFBA arcu AFB & chorda AB comprehenſa. Dicitur *Segmentum majus*, quod ſemicirculo majus eſt; *minus* vero, quod minus eſt.

DEFINITIO 23.

Tab. I. Fig. 2. 46. *Sector circuli* eſt pars ejus ACD duobus radiis AC & CD atque arcu AD comprehenſa.

DEFINITIO 24.

Tab. I. Fig. 3. 47. Recta HI circulum in L *tangit*, ſi ipſi ita occurrit, ut producta tota extra circulum cadat. Fig. 5. Circulus vero circulum *intus tangit*, ſi huic occurrens totus intra Fig. 4. hunc; *extus vero tangit*, ſi eidem occurrens totus extra hunc cadit.

COROLLARIUM 1.

48. Recta CL ex centro C ad contactum L ducta eſt radius circuli (§. 39).

COROLLARIUM 2.

Fig. 4. 49 Circuli ergo ſe extus tangentes in L diverſa centra C & *c* habent, adeoque eccentrici ſunt (§. 44).

DEFINITIO 25.

Tab. I. Fig. 6. 50. Linea AB lineam CD *ſecat* in E, ſi eam dirimit in partes CE & ED cis & ultra ipſam ſitas.

COROLLARIUM 1.

51. Cum etiam CD ipſam AB dirimat in partes AE & EB cis & ultra CD ſitas; ſi AB ſecet CD in E, etiam viciſſim CD ſecabit AB in eodem puncto E.

COROLLARIUM 2.

52. Si recte MN circulum in O ſecet, pars ejus ON intra circulum cadit (§. 37). Tab. I. Fig. 7.

COROLLARIUM 3.

53. Si circulus circulum ſecet, cum utriusque peripheria in ſe redeat (§. 37), pars peripheriæ unius circuli intra alterum cadat neceſſe eſt.

DEFINITIO 26.

54. *Angulus* eſt duarum linearum AB & AC in uno puncto A concurrentium mutua inclinatio. Tab. I. Fig. 9. Lineæ AB & AC dicuntur *crura*; punctum concurſus A *Vertex anguli*.

SCHOLION.

55. *Angulus hic vel unica littera A vertici ejus adſcripta, vel ad evitandam in caſibus nonnullis confuſionem tribus litteris BAC indigitatur, ita ut vertici adſcripta medio loco ponatur. Sæpe nomen angulo imponit littera minor, veluti x, eidem inſcripta. Utimur vero angulis ad linearum ſitum determinandum.*

DEFINITIO 27.

56. *Angulus inſiſtere* dicitur lineæ, in qua crura ejus terminantur.

DEFINITIO 28.

57. *Menſura anguli* BAC eſt arcus DE ex vertice A radio prorſus arbitrario AE intra crura ejus AC & AB deſcriptus. Tab. I. Fig. 9.

COROLLARIUM.

58. Anguli ergo diſtinguuntur per rationem arcuum ex vertice intra crura deſcriptorum ad peripheriam: diſtinguuntur

guuntur enim per illos arcus, arcus vero per rationem ad peripheriam diſtinguere licet (§.41. *Geom.* & §.132 *Arithm.*). Et eadem de cauſa quantitas anguli æſtimatur ex ratione arcus iſtius ad peripheriam.

SCHOLION.

59. *Tot ſcilicet graduum & ſcrupulorum dicitur eſſe angulus, quot graduum & ſcrupulorum eſt arcus* DE (§.41).

DEFINITIO 29.

Tab. I. Fig. 10. 60. *Anguli contigui* FGH & HGI ſunt, quorum idem eſt vertex G & crus unum commune GH.

DEFINITIO 30.

Tab. I. Fig. 6. 61. Rectæ lineæ AE & EB *in directum* ſitæ ſunt, ſi ejusdem rectæ AB partes exiſtunt.

DEFINITIO 31.

Tab. I. Fig. 6. 62. *Angulus deinceps poſitus* AEC dicitur, qui oritur, anguli AED latere uno ED in C producto.

COROLLARIUM 1.

63. Habent adeo anguli deinceps poſiti AEC & AED crus unum AE commune & crus alterum unius CE in directum ſitum eſt cruri alteri alterius ED (§.61).

COROLLARIUM 2.

64. Hinc anguli deinceps poſiti ſunt contigui, ſed non contra (§.60).

DEFINITIO 32.

Tab. I. Fig. 11. 65. *Angulus rectus* KLM eſt, cui deinceps poſitus KLN æqualis eſt.

DEFINITIO 33.

66. *Angulus obliquus* AEC eſt, cui deinceps poſitus AED inæqualis. *Angulus acutus* AEC eſt obliquus minor recto. *Angulus obtuſus* AED eſt obliquus recto major. Tab. I. Fig. 6.

DEFINITIO 34.

67. *Anguli verticales* o & x ſunt, ſi crura unius AE & EC in directum jacent cruribus alterius EB & ED. Tab. I. Fig. 6.

DEFINITIO 35.

68. Si lineæ ST duæ aliæ OA & RB a diverſis plagis in diverſis punctis A & B occurrant, *anguli*, quos cum ea efficiunt, *x* & *y* dicuntur *alterni*. Tab. I. Fig. 12.

DEFINITIO 36.

69. Si vero lineæ ST duæ aliæ AP & PR itidem in diverſis punctis A & B, ſed ab eadem plaga occurrant, *anguli*, quos cum ea efficiunt, *u* & *y*, item *z* & *y*, dicuntur *oppoſiti*: & quidem *u* dicitur *oppoſitus externus*, *z* vero *oppoſitus internus* ipſius *y*.

DEFINITIO 37.

70. *Angulus ad peripheriam* eſt angulus ABD, cujus vertex B & crura BA atque BD in peripheria terminantur. Dicitur etiam *Angulus in ſegmento.* Tab. I. Fig. 13.

CO-

Digitized by Google

COROLLARIUM.

Tab. 71. Intercipitur adeo a duabus chor-
I. dis AB & BD (§. 38 & 54) atque arcui
Fig. AD inſiſtit (§. 56).
13.

DEFINITIO 38.

72. *Angulus ad centrum* eſt angulus ACD, cujus vertex in centro circuli C eſt, crura vero AC & CD in peripheria terminantur.

COROLLARIUM.

73. Angulus ad centrum a duobus radiis intercipitur (§. 39), adeoque arcui AD inſiſtit (§. 41. 56) conſequenter arcus AD ejus menſura (§. 57).

DEFINITIO 39.

Tab. 74. *Angulus extra centrum* HKI
I. eſt, cujus vertex K extra centrum
Fig. eſt, crura vero HK & IK in peri-
14. pheria terminantur.

COROLLARIUM.

75. Inſiſtit ergo arcui HI (§. 41. 56).

DEFINITIO 40.

Tab. 76. *Angulus contactus* HLM eſt,
I. quem arcus circuli ML cum tan-
Fig. gente HL ad contactum efficit.
3.

DEFINITIO 41.

77. *Angulus ſegmenti* MLH vel MLI eſt, quem chorda ML cum tangente HL vel LI ad contactum L efficit.

DEFINITIO 42.

Tab. 78. *Linea* KL *perpendicularis* aut
I. *normalis* eſt ad alteram LM, ſi cum
Fig. ea efficit rectum.
11.

COROLLARIUM.

79. Si igitur LK ad NM perpendicularis, anguli ad L deinceps poſiti æquales ſunt (§. 65) & contra.

DEFINITIO 43.

80. *Linea* AB eſt ad alteram Tab.
AC *obliqua*, ſi cum ea efficit angu- I.
lum obliquum. Fig.
9.

DEFINITIO 44.

81. *Linea* OP *parallela* eſt alteri Tab.
QR, ſi ubique eandem ab ea diſtan- I.
tiam ſervat. Fig.
12.

COROLLARIUM.

82. Lineæ ergo parallelæ in infinitum continuatæ non concurrunt.

DEFINITIO 45.

83. *Lineæ convergentes* TO & Tab.
VQ ſunt, quarum diſtantia conti- I.
nuo fit minor. Fig.
15.

DEFINITIO 46.

84. *Lineæ divergentes* TN & VP ſunt, quarum diſtantia continuo fit major.

DEFINITIO 47.

85. *Opponi* dicuntur, e quorum uno ad alterum perpendicularem ducere licet.

SCHOLION.

86. Puncta abſolute conſiderata *dicuntur* punctis opponi, *ſi fuerint termini ejusdem rectæ. Nimirum cum recta ſit breviſſima linea inter duos terminos* (§. 19), *qualis etiam eſt perpendicularis inter eas, quæ a puncto ad lineam vel ſuper-*

ſuperficiem duci poſſunt (§.224) *perpendicularis vicem in eo caſu ſubit, ubi punctum alterutrum extra lineam vel ſuperficiem ſumitur.*

DEFINITIO 48.

87. *Triangulum* eſt figura tribus lineis terminata.

Tab. I. Fig. 16.

DEFINITIO 49.

88. *Triangulum æquilaterum* ABC eſt, cujus omnia latera inter ſe æqualia ſunt. In genere *Figura æquilatera* dicitur, cujus latera ſingula inter ſe æqualia.

Tab. I. Fig. 17.

DEFINITIO 50.

89. *Triangulum æquicrurum* ſive *Iſoſceles* DEF eſt, quod duo latera æqualia habet.

Tab. I. Fig. 18.

DEFINITIO 51.

90. *Triangulum ſcalenum* ACB eſt, cujus nullum latus alteri æquale, ſeu cujus ſingula latera ſunt inter ſe inæqualia.

Tab. I. Fig. 19.

DEFINITIO 52.

91. *Triangulum rectangulum* KML eſt, cujus angulus unus K rectus eſt.

Tab. I. Fig. 20.

DEFINITIO 53.

92. *Triangulum obtuſangulum* PNO eſt, cujus angulus unus N eſt obtuſus.

Tab. I. Fig. 16.

DEFINITIO 54.

93. *Triangulum acutangulum* ACB eſt, cujus ſinguli anguli ſunt acuti.

DEFINITIO 55.

94. *Triangulum obliquangulum* eſt, cujus ſinguli anguli ſunt obliqui.

Tab. I. Fig. 19.

DEFINITIO 56.

95. *Hypothenuſa* ML eſt latus in triangulo rectangulo angulo recto K oppoſitum.

DEFINITIO 57.

96. *Catheti* ſunt latera trianguli rectanguli MK & KL angulum rectum K intercipientes.

DEFINITIO 58.

97. *Figura quadrilatera* eſt, cujus perimeter ex quatuor lateribus conſtat. *Rectangula* dicitur, ſi anguli ejus ſinguli fuerint recti; *obliquangula*, ſi obliqui,

Tab. I. Fig. 21.

DEFINITIO 59.

98. *Quadratum* ABDC eſt figura quadrilatera, æquilatera, rectangula.

Tab. I. Fig. 22.

DEFINITIO 60.

99. *Rhombus* EFHG eſt figura quadrilatera, æquilatera, obliquangula,

Tab. I. Fig. 23.

DEFINITIO 61.

100. *Rectangulum* ſive *oblongum* MLKI eſt figura quadrilatera, rectangula, latera oppoſita ML & IK, item IM & LK æqualia habens.

Tab. I. Fig. 24.

DEFINITIO 62.

101. *Rhomboides* NOPQ eſt figura

gura quadrilatera, obliquangula, latera oppoſita OP & NQ, item ON & PQ, æqualia habens.

DEFINITIO 63.

102. *Parallelogrammum* eſt figura quadrilatera, cujus latera oppoſita ſunt parallela.

DEFINITIO 64.

Tab. I. Fig. 25. 103. *Trapezium* RTVS eſt figura quadrilatera non parallelogramma. Quidam *Trapezium* appellant figuram quadrilateram, cujus duo tantum latera oppoſita ſunt parallela, quæ alias *Trapezium parallelarum baſium* dici ſolet: figura vero, cujus neutrum latus alteri parallelum, *Trapezoides* iisdem dicitur.

DEFINITIO 65.

Tab. I. Fig. 26. 27. 104. *Figura polygona* ſeu *multilatera* ABCED vel FGHKI eſt, cujus perimeter ex pluribus, quam quatuor, lateribus componitur. Quodſi latera fuerint quinque, *Pentagonum*; ſi ſex, *Hexagonum*; ſi ſeptem, *Heptagonum*; ſi octo, *Octogonum* &c. dicitur.

DEFINITIO 66.

105. *Figura æquiangula* eſt, cujus ſinguli anguli æquales ſunt.

DEFINITIO 67.

106. *Figura regularis* eſt figura æquilatera & æquiangula.

DEFINITIO 68.

107. *Figura irregularis* eſt, quæ non ſimul æquilatera & æquiangula.

DEFINITIO 69.

108. *Figuræ inter ſe æquilateræ* dicuntur, ſi ſingula latera unius fuerint ſigillatim æqualia ſingulis lateribus homologis alterius.

DEFINITIO 70.

109. *Figuræ inter ſe æquiangulæ* ſunt, ſi ſinguli anguli unius ſingulis angulis homologis alterius æquales ſunt.

DEFINITIO 71.

110. Dicuntur vero tam *anguli* quam *latera homologa*, ſi eundem ordinem a primo in utraque figura ſervent.

DEFINITIO 72.

111. *Diagonalis* PN eſt recta ex vertice anguli unius P in verticem alterius N ducta. Tab. I. Fig. 24.

DEFINITIO 73.

112. *Baſis figuræ* eſt perimetri pars ima KL. Tab. I. Fig. 19.

COROLLARIUM.

113. Cum ſitus figuræ ipſi non ſit eſſentialis, quamlibet perimetri partem ſeu latus figuræ quodlibet pro baſi aſſumere licet.

DE-

Digitized by Google

DEFINITIO 74.

Tab. I. Fig. 19. 114. *Vertex figuræ* M eſt vertex anguli baſi KL oppoſitus.

DEFINITIO 75.

115. *Altitudo figuræ* eſt diſtantia verticis a baſi.

DEFINITIO 76.

Tab. VI. Fig. 107. 116. *Figura* ABCDE dicitur *circulo inſcripta,* ſi peripheria per vertices ſingulorum angulorum ipſius tranſit: tuncque *Circulus* figuræ dicitur circumſcriptus.

DEFINITIO 77.

117. *Figura* abcde dicitur *circulo circumſcripta*, ſi ſingula ejus latera peripheriam tangant, tumque *circulus* figuræ dicitur *inſcriptus.*

DEFINITIO 78.

118. *Menſura figuræ* eſt quadratum, cujus latus perticæ æquale, diciturque *pertica quadrata,* & in *pedes quadratos,* ſicut pes quadratus in *digitos quadratos* dividitur.

DEFINITIO 79.

119. *Eodem modo determinari* dicuntur, ſi data, per quæ unum determinatur, fuerint ſimilia datis, per quæ determinatur alterum, ſeu utrobique ex datis ſimilibus per easdem regulas reliqua determinantur.

COROLLARIUM.

120. Quæ itaque eodem modo determinantur, in iis coincidunt ea, per quæ diſcerni debent, adeoque ſimilia ſunt (§. 24. *Arith.*)

CAPUT II.

De

PROPOSITIONIBVS QVIBVSDAM FVNDAMENTALIBVS.

PROBLEMA 1.

121. *A dato puncto A ad datum punctum B lineam rectam ducere.*

RESOLUTIO.

Tab. I. Fig. 18. I. In charta

Linea recta ducitur juxta regulam EF ad puncta data A & B applicatam graphio HI, penna aut plumbagine.

II. In ligno vel ſaxo

Recta delineatur etiam ſine regula, ſi filum creta vel ceruſſa delibutum punctis datis A & B apprimatur & medio digitis

 pre-

Digitized by Google

prehenſo ſurſum trahatur moxque iterum demittatur.

Tab. 1. Fig. 29. III. In campo

Recta deſignatur per baculos LK in punctis datis beneficio libellæ M ad horizontem perpendiculariter defixos, quorum ſummitati muccinium aut folium chartæ mundæ alligatur, ſi e longinquo videri debeant.

SCHOLION 1.

122. *Cum regula orichalcea & argentea chartam facile nigrent; iis præferuntur, quæ ex lignis Indicis parantur, ut ebenina. His enim accuratam politiem inducere licet, ne ſordes facile adhæreſcant, nec fibra exigua calami graphiique motum uniformem impediant: quod quernis, nuceis & his ſimilibus familiare vitium.*

SCHOLION 2.

Tab. 1. Fig. 29. 123. *Pennæ optimæ ſunt, quæ ex corvorum alis evelluntur: propterea quod anſerinis duriores lineis ſubtilioribus & purioribus ducendis inſerviunt. Baculi vero LK cuſpide ferrea K muniuntur, ut eo facilius in terra præſertim duriore defigi queant.*

SCHOLION 3.

124. *Utendum vero eſt atramento non communi, ſed Sinico, tum quia commune ob corroſivitatem vitrioli, quod ipſum ingreditur, chalybeam graphii cuſpidem arrodit; tum quia Sinicum facilius effluit, etiamſi atrius ſit communi. Accedit, quod Sinico lineæ nitidiores ducantur, quam communi.*

PROBLEMA 2.

125. *Duobus baculis in ſolo defixis, tertium vel plures in eadem recta cum iis infigere.*

RESOLUTIO.

Baculus ita infigitur, ut oculo in unum directo ceteri non appareant.

Ratio a luminis rectilinea propagatione petenda, de qua in Opticis.

PROBLEMA 3.

126. *Lineam rectam metiri.*

RESOLUTIO.

Ad manus ſit neceſſe eſt menſura (§. 23.). Nimirum pro lineis in Tab. 1. Fig. 30.
charta datis abſcindantur ex RT 10 partes æquales longitudinis arbitrariæ, quæ pedes deſignent: intervallum vero 10 pedum RS in reſiduum lineæ transferatur, quoties fieri poteſt (§. 25). In campo vel catena, vel fune cannabino, vel pertica in digitos, pedes & decempedas legitime diviſis utimur. Sufficit autem ultimam decempedam in pedes & pedem ultimum in digitos dividi. Quodſi ergo lineam rectam metiri jubearis.

I. In charta

1. Ponatur crus circini unum in A & eousque aperiatur, donec alterum extremum B attingat.

2. Mox

2. Mox circini crus unum in fine decempedæ alicujus, e. gr. in 10. ponatur & notetur, quemnam pedem menſuræ alterum attingat, e. gr. 5. Erit linea AB 1° 5′.

II. In Campo

1. In utroque lineæ extremo erigantur baculi (§. 121) &, ſi ea menſuræ longitudinem ſuperet, conſtituantur cum iis alii in eadem recta (§. 125).

2. Funis cannabinus aut catena menſuram largiens ab uno baculo usque ad alterum ita extendatur, ut utrumque ad angulos rectos ſecet (§. 234): quod perpendiculo appenſo evidens redditur.

3. Decempedæ, pedes atque digiti inter utrumque intercepti numerentur.

SCHOLION 1.

127. *Si catena utrinque in annulos deſinat, per quos baculos trajicere licet; lineam metimur, baculis hiſce cum ceteris in eadem recta continuo collocatis*
Tab. I. Fig. 31. (§. 125.). *Notandum tamen, dum baculus ex A in B transfertur, non in veſtigio baculi B, ſed prope ipſum in Deundem infigi atque annulorum craſſitiem longitudini menſuræ non accenſeri debere. Quodſi tamen hæc ſit pars menſuræ*
Tab. I. Fig. 32. *eaque ſubdupla diametri baculi; baculus ex A ablatus in ipſo B defigi poterit. Parantur autem catenæ PQ ex filis ferreis pedalibus, earumque longitudo tres decempedas excedere vix debet, ne pondere fiant moleſtæ: quam ob rationem nec filis ferreis nimium craſſis utendum.*

SCHOLION 2.

128. *Si pertica circa alterum ſui extremum tanquam centrum per quadrantem circuli elevata & per alterum rurſus demiſſa lineam metitur; craſſities ejus longitudini lineæ repertæ toties addenda, quoties ad eam applicata fuit, aut longitudo perticæ particula craſſitiei congruente imminuenda. Ceterum quia perticæ ab inæqualitate extenſionis prorſus liberæ prærogativam quandam præ catenis & funibus habent; earum extremitates annulis ferreis inſtrui oportet, ut obſervantibus, quæ in ſcholio præcedente diximus, tanto minus periculi ſuperſit, ne a recta dimetienda declinetur.*

SCHOLION 3.

129. *Funes cannabinos humor contrahit & vires diverſæ inæqualiter tendunt.* Schwenterus (k) *autor eſt, cum aliquando exercitiis Geometricis in campo vacaret, longitudinem funis, qua erat 16 pedum, cadente pruina, hora unius intervallo, ad pedes 15 rediiſſe. Ut igitur hi navi tollantur, funiculi, ex quibus conficiuntur, in gyros contrarios contorquendi; ipſe autem funis oleo ad ignem ferventi immittendus & poſtquam exſiccatus fuerit, per ceram liquefactam trahendus, tandemque cerandus. Nullum longitudinis decrementum notabis, etiamſi funem iſtiusmodi per diem integrum*

R 3 ; grum

(k) Geometr. pract. lib. 1. Tract. 1. p. 381.

octo lineæ ita ſcribuntur: 3° 5′ 7″ 8‴. Commodiſſimum ſæpe accidit, ſi numeri integra ſive decempedas deſignantes a fractionibus decimalibus, pedibus nempe, digitis, lineis &c. puncto ſeparentur, uti monuimus in Arithmetica (§. 306). Ita loco 3° 5′ 7″ 8‴ ſcribemus 3.578. Admodum R. P. Franciſcus Noël *autor eſt*(c), *diviſionem decimalem non modo in menſuris, ſed & ponderibus Sinicis adhiberi.*

DEFINITIO 11.

28. *Superficies* eſt magnitudo duabus dimenſionibus prædita, ſeu in longitudinem & latitudinem extenſa.

COROLLARIUM.

29. Termini ſecundum longitudinem & latitudinem ſunt lineæ, ſecundum profunditatem ipſamet terminus ſui exiſtit.

SCHOLION.

30. *Nimirum in longitudine nullum aſſumi poteſt punctum, cui non reſpondeat aliqua linea ſecundum latitudinem & contra.*

DEFINITIO 12.

31. Per *Perimetrum* intelligimus continuum, quo aliud continuum terminatur.

DEFINITIO 13.

32. *Figura* eſt continuum perimetro terminatum.

SCHOLION.

33. *Dicitur tam de ſuperficiebus, quam de ſolidis. In priori caſu perimetri ſunt lineæ; in poſteriori ſuperficies.*

DEFINITIO 14.

34. *Figura rectilinea* eſt, cujus perimeter ex lineis rectis; *Curvilinea*, cujus perimeter ex curvis; *Mixtilinea*, cujus perimeter partim ex rectis, partim ex curvis conſtat.

DEFINITIO 15.

35. *Latus* eſt linea, quæ eſt pars perimetri figuræ ſuperficialis

DEFINITIO 16.

36. *Planum* ſeu *figura plana* eſt, ſi e quovis puncto perimetri ad quodlibet ejusdem rectam in eadem ducere licet.

DEFINITIO 17.

37. *Circulus* eſt figura plana, linea in ſe redeunte terminata, ex cujus ſingulis punctis ad punctum intermedium C, quod *Centrum* vocari ſolet, ductæ rectæ ſunt inter ſe æquales. Linea illa *Peripheria* dicitur. Tab. I. Fig. 2.

DEFINITIO 18.

38. *Chorda* AB eſt recta a peripheria ad peripheriam ducta.

DEFINITIO 19.

39. *Diameter* AE eſt chorda per centrum C tranſiens. Ejus dimidium AC ſive recta CD ex centro C ad

c) in Obſervationibus *Mathematico-Phyſicis* in India & China factis c. 7. p. 104 & ſeqq.

C ad peripheriam ducta dicitur *Semidiameter*, item *Radius*.

COROLLARIUM.

40 Radii ergo unius circuli inter ſe æquales ſunt (§. 37).

DEFINITIO 20.

41. *Arcus* eſt pars quantalibet peripheriæ AB: *Gradus* vero eſt pars ejusdem trecenteſima ſexageſima. Quilibet gradus in 60 *Minuta prima*; minutum quodlibet in 60 *ſecunda*; ſecundum unumquodque in 60 *tertia* &c. ſubdividitur. *Euclides* arcum quoque *peripheriam* vocat.

COROLLARIUM.

42. Cum peripheria cujuslibet circuli in 360 gradus dividatur; circuli majoris gradus ſunt majores gradibus minoris.

SCHOLION.

43. *Scrupula graduum ſunt fractiones ſexageſimales* (§. 385 Arithm.) *& apicibus ſuis notantur* (§. 387 Arithm.). *Gradui tanquam integro ſeu unitati ceſſit* 0, *minuto primo* 1, *ſecundo* 2, *tertio* 3 *&c. conſequenter gradus cum ſuis ſcrupulis eodem modo ſcribuntur, quo decempeda cum ſuis* (§. 27). *E. gr.* 3 *gradus*, 25 *minuta*, 16 *ſecunda ita ſcribis*: 3° 25′ 16″. *Etſi autem Ægyptii veteres, quibus hanc diviſionem acceptam ferunt, hoc artificio computum Aſtronomicum a fractionibus liberaverint, cum fractiones ſexageſimales inſtar numerorum integrorum tractari poſſint, nec ſine prudenti conſilio eundem in finem eum graduum numerum fecerint, qui per* 2. 3. 4. 5. 6. 8. 9 *exacte dividitur, nec minus eum fecerint exponentem rationis, juxta quam ſcrupula decreſcunt, quem* 2. 3. 4. 5 *&* 6 *metiuntur; non tamen ſine ratione ſuaſerunt poſt* Stevinum f) Oughtredus g), Walliſius h) *aliique, ut ſepoſitis fractionibus ſexageſimalibus, decimales reciperentur: nulla enim in decimalibus reductione minorum fractionum ad majores, vel majorum ad minores opus eſt; ſexageſimales vero non ſine tædio reducuntur. Multiplicatio quoque & diviſio decimalium facilior quam ſexageſimalium* (§. 364 & ſeqq. 393 & ſeqq. Arithm.). *Id conſilium ſecuti ſunt* Henricus Briggius *in Canone triangulorum artificiali apud* Henricum Gellibrand *in Trigonometria Britannica*, Johannes Nevvton *in Aſtronomia pariter ac Trigonometria Britannica &* Nicolaus Mercator *in Inſtitutionibus Aſtronomicis.* Stevinus i) *contendit, eandem circuli diviſionem antiquitus, in* ſeculo ſapiente, *quod adſtruere conatur, obtinuiſſe.*

DEFINITIO 21.

44. *Circuli concentrici* ſunt, qui idem centrum habent: *Eccentrici* vero, qui habent diverſa.

DEFINITIO 22.

Tab. I. Fig. 2.

45. *Segmentum circuli* eſt pars ipſius

f) in præf. ad Tractat de Logiſtica decimali. g) Clavi Mathemat. c. 1. p. m. 2.
h) Algebræ c. 9. f. 39. Vol. II. Oper. Math.
i) in Coſmographia lib. 1. def. 6. f. 109. Operum Gallice editorum.

guuntur enim per illos arcus, arcus vero per rationem ad peripheriam diſtinguere licet (§.41. *Geom.* & §.132 *Arithm.*). Et eadem de cauſa quantitas anguli æſtimatur ex ratione arcus iſtius ad peripheriam.

SCHOLION.

59. *Tot ſcilicet graduum & ſcrupulorum dicitur eſſe angulus, quot graduum & ſcrupulorum eſt arcus* DE (§.41).

DEFINITIO 29.

Tab. I. Fig. 10. 60. *Anguli contigui* FGH & HGI ſunt, quorum idem eſt vertex G & crus unum commune GH.

DEFINITIO 30.

Tab. I. Fig. 6. 61. Rectæ lineæ AE & EB *in directum* Sitæ ſunt, ſi ejusdem rectæ AB partes exiſtunt.

DEFINITIO 31.

Tab. I. Fig. 6. 62. *Angulus deinceps poſitus* AEC dicitur, qui oritur, anguli AED latere uno ED in C producto.

COROLLARIUM 1.

63. Habent adeo anguli deinceps poſiti AEC & AED crus unum AE commune & crus alterum unius CE in directum ſitum eſt cruri alteri alterius ED (§.61).

COROLLARIUM 2.

64. Hinc anguli deinceps poſiti ſunt contigui, ſed non contra (§.60).

DEFINITIO 32.

Tab. I. Fig. 11. 65. *Angulus rectus* KLM eſt, cui deinceps poſitus KLN æqualis eſt.

DEFINITIO 33.

66. *Angulus obliquus* AEC eſt, cui deinceps poſitus AED inæqualis. *Angulus acutus* AEC eſt obliquus minor recto. *Angulus obtuſus* AED eſt obliquus recto major. Tab. I. Fig. 6.

DEFINITIO 34.

67. *Anguli verticales* o & x ſunt, ſi crura unius AE & EC in directum jacent cruribus alterius EB & ED. Tab. I. Fig. 6.

DEFINITIO 35.

68 Si lineæ ST duæ aliæ OA & RB a diverſis plagis in diverſis punctis A & B occurrant, *anguli,* quos cum ea efficiunt, *x* & *y* dicuntur *alterni*. Tab. I. Fig. 12.

DEFINITIO 36.

69. Si vero lineæ ST duæ aliæ AP & PR itidem in diverſis punctis A & B, ſed ab eadem plaga occurrant, *anguli*, quos cum ea efficiunt, *u* & *y*, item *z* & *y*, dicuntur *oppoſiti*: & quidem *u* dicitur *oppoſitus externus*, *z* vero *oppoſitus internus* ipſius *y*.

DEFINITIO 37.

70. *Angulus ad peripheriam* eſt angulus ABD, cujus vertex B & crura BA atque BD in peripheria terminantur. Dicitur etiam *Angulus in ſegmento*. Tab. I. Fig. 13.

CO-

Digitized by Google

COROLLARIUM.

Tab. I. Fig. 13. 71. Intercipitur adeo a duabus chordis AB & BD (§. 38 & 54) atque arcui AD inſiſtit (§. 56).

DEFINITIO 38.

72. *Angulus ad centrum* eſt angulus ACD, cujus vertex in centro circuli C eſt, crura vero AC & CD in peripheria terminantur.

COROLLARIUM.

73. Angulus ad centrum a duobus radiis intercipitur (§. 39), adeoque arcui AD inſiſtit (§. 41. 56) conſequenter arcus AD ejus menſura (§. 57).

DEFINITIO 39.

Tab. I. Fig. 14. 74. *Angulus extra centrum* HKI eſt, cujus vertex K extra centrum eſt, crura vero HK & IK in peripheria terminantur.

COROLLARIUM.

75. Inſiſtit ergo arcui HI (§. 41. 56).

DEFINITIO 40.

Tab. I. Fig. 3. 76. *Angulus contactus* HLM eſt, quem arcus circuli ML cum tangente HL ad contactum efficit.

DEFINITIO 41.

77. *Angulus ſegmenti* MLH vel MLI eſt, quem chorda ML cum tangente HL vel LI ad contactum L efficit.

DEFINITIO 42.

Tab. I. Fig. 11. 78. *Linea* KL *perpendicularis* aut *normalis* eſt ad alteram LM, ſi cum ea efficit rectum.

COROLLARIUM.

79 Si igitur LK ad NM perpendicularis, anguli ad L deinceps poſiti æquales ſunt (§. 65) & contra.

DEFINITIO 43.

80. *Linea* AB eſt ad alteram AC *obliqua*, ſi cum ea efficit angulum obliquum. Tab. I. Fig. 9.

DEFINITIO 44.

81. *Linea* OP *parallela* eſt alteri QR, ſi ubique eandem ab ea diſtantiam ſervat. Tab. I. Fig. 12.

COROLLARIUM.

82. Lineæ ergo parallelæ in infinitum continuatæ non concurrunt.

DEFINITIO 45.

83. *Lineæ convergentes* TO & VQ ſunt, quarum diſtantia continuo fit minor. Tab. I. Fig. 15.

DEFINITIO 46.

84. *Lineæ divergentes* TN & VP ſunt, quarum diſtantia continuo fit major.

DEFINITIO 47.

85. *Opponi* dicuntur, e quorum uno ad alterum perpendicularem ducere licet.

SCHOLION.

86. Puncta abſolute conſiderata *dicuntur* puncto opponi, *ſi fuerint termini ejusdem rectæ. Nimirum cum recta ſit breviſſima linea inter duos terminos* (§. 19), *qualis etiam eſt perpendicularis inter eas, quæ a puncto ad lineam vel ſuper-*

ſuperficiem duci poſſunt (§. 224) *perpendicularis vicem in eo caſu ſubit, ubi punctum alterutrum extra lineam vel ſuperficiem ſumitur.*

DEFINITIO 48.

87. *Triangulum* eſt figura tribus lineis terminata.

DEFINITIO 49.

Tab. I. Fig. 16. 88. *Triangulum æquilaterum* ABC eſt, cujus omnia latera inter ſe æqualia ſunt. In genere *Figura æquilatera* dicitur, cujus latera ſingula inter ſe æqualia.

DEFINITIO 50.

Tab. I. Fig. 17. 89. *Triangulum æquicrurum* ſive *Iſoſceles* DEF eſt, quod duo latera æqualia habet.

DEFINITIO 51.

Tab. I. Fig. 18. 90. *Triangulum ſcalenum* ACB eſt, cujus nullum latus alteri æquale, ſeu cujus ſingula latera ſunt inter ſe inæqualia.

DEFINITIO 52.

Tab. I. Fig. 19. 91. *Triangulum rectangulum* KML eſt, cujus angulus unus K rectus eſt.

DEFINITIO 53.

Tab. I. Fig. 20. 92. *Triangulum obtuſangulum* PNO eſt, cujus angulus unus N eſt obtuſus.

DEFINITIO 54.

Tab. I. Fig. 16. 93. *Triangulum acutangulum* ACB eſt, cujus ſinguli anguli ſunt acuti.

DEFINITIO 55.

94. *Triangulum obliquangulum* eſt, cujus ſinguli anguli ſunt obliqui.

DEFINITIO 56.

95. *Hypothenuſa* ML eſt latus in triangulo rectangulo angulo recto K oppoſitum. Tab. I. Fig. 19.

DEFINITIO 57.

96. *Catheti* ſunt latera trianguli rectanguli MK & KL angulum rectum K intercipientes.

DEFINITIO 58.

97. *Figura quadrilatera* eſt, cujus perimeter ex quatuor lateribus conſtat. *Rectangula* dicitur, ſi anguli ejus ſinguli fuerint recti; *obliquangula*, ſi obliqui,

DEFINITIO 59.

98. *Quadratum* ABDC eſt figura quadrilatera, æquilatera, rectangula. Tab. I. Fig. 21.

DEFINITIO 60.

99. *Rhombus* EFHG eſt figura quadrilatera, æquilatera, obliquangula, Tab. I. Fig. 22.

DEFINITIO 61.

100. *Rectangulum* ſive *oblongum* MLKI eſt figura quadrilatera, rectangula, latera oppoſita ML & IK, item IM & LK æqualia habens. Tab. I. Fig. 23.

DEFINITIO 62.

101. *Rhomboides* NOPQ eſt figura Tab. I. Fig. 24.

Digitized by Google

gura quadrilatera, obliquangula, latera oppoſita OP & NQ, item ON & PQ, æqualia habens.

DEFINITIO 63.

102. *Parallelogrammum* eſt figura quadrilatera, cujus latera oppoſita ſunt parallela.

DEFINITIO 64.

Tab. I. Fig. 25. 103. *Trapezium* RTVS eſt figura quadrilatera non parallelogramma. Quidam *Trapezium* appellant figuram quadrilateram, cujus duo tantum latera oppoſita ſunt parallela, quæ alias *Trapezium parallelarum baſium* dici ſolet: figura vero, cujus neutrum latus alteri parallelum, *Trapezoides* iisdem dicitur.

DEFINITIO 65.

Tab. I. Fig. 26. 27. 104. *Figura polygona* ſeu *multilatera* ABCED vel FGHKI eſt, cujus perimeter ex pluribus, quam quatuor, lateribus componitur. Quodſi latera fuerint quinque, *Pentagonum*; ſi ſex, *Hexagonum*; ſi ſeptem, *Heptagonum*; ſi octo, *Octogonum* &c. dicitur.

DEFINITIO 66.

105. *Figura æquiangula* eſt, cujus ſinguli anguli æquales ſunt.

DEFINITIO 67.

106. *Figura regularis* eſt figura æquilatera & æquiangula.

DEFINITIO 68.

107. *Figura irregularis* eſt, quæ non ſimul æquilatera & æquiangula.

DEFINITIO 69.

108. *Figuræ inter ſe æquilateræ* dicuntur, ſi ſingula latera unius fuerint ſigillatim æqualia ſingulis lateribus homologis alterius.

DEFINITIO 70.

109. *Figuræ inter ſe æquiangulæ* ſunt, ſi ſinguli anguli unius ſingulis angulis homologis alterius æquales ſunt.

DEFINITIO 71.

110. Dicuntur vero tam *anguli* quam *latera homologa*, ſi eundem ordinem a primo in utraque figura ſervent.

DEFINITIO 72.

111. *Diagonalis* PN eſt recta ex vertice anguli unius P in verticem alterius N ducta. Tab. I. Fig. 24.

DEFINITIO 73.

112. *Baſis figuræ* eſt perimetri pars ima KL. Tab. I. Fig. 19.

COROLLARIUM.

113. Cum ſitus figuræ ipſi non ſit eſſentialis, quamlibet perimetri partem ſeu latus figuræ quodlibet pro baſi aſſumere licet.

DE-

Tab. *DEFINITIO 74.*

I. 114. *Vertex figuræ* M eſt vertex
Fig. anguli baſi KL oppoſitus.

19. *DEFINITIO 75.*

115. *Altitudo figuræ* eſt diſtantia verticis a baſi.

Tab. *DEFINITIO 76.*

VI. 116. *Figura* ABCDE dicitur
Fig. *circulo inſcripta*, ſi peripheria per
107. vertices ſingulorum angulorum ipſius tranſit: tuncque *Circulus* figuræ dicitur circumſcriptus.

DEFINITIO 77.

117. *Figura* abcde dicitur *circulo circumſcripta*, ſi ſingula ejus latera peripheriam tangant, tumque *circulus* figuræ dicitur *inſcriptus*.

DEFINITIO 78.

118. *Menſura figuræ* eſt quadratum, cujus latus perticæ æquale, diciturque *pertica quadrata*, & in *pedes quadratos*, ſicut pes quadratus in *digitos quadratos* dividitur.

DEFINITIO 79.

119. *Eodem modo determinari* dicuntur, ſi data, per quæ unum determinatur, fuerint ſimilia datis, per quæ determinatur alterum, ſeu utrobique ex datis ſimilibus per easdem regulas reliqua determinantur.

COROLLARIUM.

120. Quæ itaque eodem modo determinantur, in iis coincidunt ea, per quæ diſcerni debent, adeoque ſimilia ſunt (§. 24. *Arith.*)

CAPUT II.

De

PROPOSITIONIBVS QVIBVSDAM FVNDAMENTALIBVS.

PROBLEMA 1.

121. *A dato puncto A ad datum punctum B lineam rectam ducere.*

Tab. *RESOLUTIO.*

I. I. In charta
Fig. Linea recta ducitur juxta regu-
28. lam EF ad puncta data A & B applicatam graphio HI, penna aut plumbagine.

II. In ligno vel ſaxo

Recta delineatur etiam ſine regula, ſi filum creta vel ceruſſa delibutum punctis datis A & B apprimatur & medio digitis pre-

Digitized by Google

prehenſo ſurſum trahatur moxque iterum demittatur.

III. In campo

Tab. I. Fig. 29. Recta deſignatur per baculos LK in punctis datis beneficio libellæ M ad horizontem perpendiculariter defixos, quorum ſummitati muccinium aut folium chartæ mundæ alligatur, ſi e longinquo videri debeant.

SCHOLION 1.

122. *Cum regulæ orichalcea & argentea chartam facile nigrent; iis præferuntur, quæ ex lignis Indicis parantur, ut ebenina. His enim accuratam politiem inducere licet, ne ſordes facile adhereſcant, nec fibra exigua calami graphiique motum uniformem impediant: quod quernis, nuceis & his ſimilibus familiare vitium.*

SCHOLION 2.

Tab. I. Fig. 29. 123. *Pennæ optimæ ſunt, quæ ex corvorum alis evelluntur: propterea quod anſerinis duriores lineis ſubtilioribus & purioribus ducendis inſerviunt. Baculi vero LK cuſpide ferrea K muniuntur, ut eo facilius in terra præſertim duriore defigi queant.*

SCHOLION 3.

124. *Utendum vero eſt atramento non communi, ſed Sinico, tum quia commune ob corroſivitatem vitrioli, quod ipſum ingreditur, chalybeam graphii cuſpidem arrodit; tum quia Sinicum facilius effluit, etiamſi atrius ſit communi. Accedit, quod Sinico lineæ nitidiores ducantur, quam communi.*

PROBLEMA 2.

125. *Duobus baculis in ſolo defixis, tertium vel plures in eadem recta cum iis infigere.*

RESOLUTIO.

Baculus ita infigitur, ut oculo in unum directo ceteri non appareant.

Ratio a luminis rectilinea propagatione petenda, de qua in Opticis.

PROBLEMA 3.

126. *Lineam rectam metiri.*

RESOLUTIO.

Ad manus ſit neceſſe eſt menſura (§. 23.). Nimirum pro lineis in charta datis abſcindantur ex RT 10 partes æquales longitudinis arbitrariæ, quæ pedes deſignent: intervallum vero 10 pedum RS in reſiduum lineæ transferatur, quoties fieri poteſt (§. 25). In campo vel catena, vel fune cannabino, vel pertica in digitos, pedes & decempedas legitime diviſis utimur. Sufficit autem ultimam decempedam in pedes & pedem ultimum in digitos dividi. Quodſi ergo lineam rectam metiri jubearis. Tab. I. Fig. 30.

I. In charta

1. Ponatur crus circini unum in A & eousque aperiatur, donec alterum extremum B attingat.

2. Mox

2. Mox circini crus unum in fine decempedæ alicujus, e. gr. in 10. ponatur & notetur, quemnam pedem menſuræ alterum attingat, e. gr. 5. Erit linea AB 1° 5'.

II. In Campo

1. In utroque lineæ extremo erigantur baculi (§. 121) &, ſi ea menſuræ longitudinem ſuperet, conſtituantur cum iis alii in eadem recta (§. 125).

2. Funis cannabinus aut catena menſuram largiens ab uno baculo usque ad alterum ita extendatur, ut utrumque ad angulos rectos ſecet (§. 234): quod perpendiculo appenſo evidens redditur.

3. Decempedæ, pedes atque digiti inter utrumque intercepti numerentur.

SCHOLION 1.

127. *Si catena utrinque in annulos deſinat, per quos baculos trajicere licet; lineam metimur, baculis hiſce cum ceteris in eadem recta continuo collocatis* (§. 125.). *Notandum tamen, dum baculus ex A in B transfertur, non in veſtigio baculi B, ſed prope ipſum in Deundem infigi atque annulorum craſſitiem longitudini menſuræ non accenſeri debere. Quod ſi tamen hæc ſit pars menſuræ eaque ſubdupla diametri baculi; baculus ex A ablatus in ipſo B defigi poterit. Parantur autem catenæ PQ ex*

Tab. I. Fig. 31.

Tab. I. Fig. 32.

filis ferreis pedalibus, earumque longitudo tres decempedas excedere vix debet, ne pondere fiant moleſtæ: quam ob rationem nec filis ferreis nimium craſſis utendum.

SCHOLION 2.

128. *Si pertica circa alterum ſui extremum tanquam centrum per quadrantem circuli elevata & per alterum rurſus demiſſa lineam metitur; craſſities ejus longitudini lineæ repertæ toties addenda, quoties ad eam applicata fuit, aut longitudo perticæ particula craſſitiei congruente imminuenda. Ceterum quia perticæ ab inæqualitate extenſionis prorſus liberæ prærogativam quandam præ catenis & funibus habent; earum extremitates annulis ferreis inſtrui oportet, ut obſervantibus, quæ in ſcholio præcedente diximus, tanto minus periculi ſuperſit, ne a recta dimetienda declinetur.*

SCHOLION 3.

129. *Funes cannabinos humor contrahit & vires diverſæ inæqualiter tendunt.* Schwenterus (k) *autor eſt, cum aliquando exercitiis Geometricis in campo vacaret, longitudinem funis, qui erat 16 pedum, cadente pruina, horæ unius intervallo, ad pedes 15 rediiſſe. Ut igitur hi navi tollantur, funiculi, ex quibus conficiuntur, in gyros contrarios contorquendi; ipſe autem funis oleo ad ignem ferventi immittendus & poſtquam exſiccatus fuerit, per ceram liquefactam trahendus, tandemque cerandus. Nullum longitudinis decrementum notabis, etiamſi funem iſtiusmodi per diem integrum*

(k) Geometr. pract. lib. 1. Tract. 1. p. 81.

Tab. I. Fig. 33. *grum ſub aquis demerſum detineas, Ne autem funis humum contingat, ſuſtentaculum Z ipſi ſupponendum. Perpendiculum, quo ad funem horizontaliter extendendum utimur, ex filo & appenſo globo vel pondere plumbeo conſtat.*

PROBLEMA 4.

130. *Data longitudine lineæ in menſura e. gr. Pariſina, invenire eandem in menſura alia, e. gr. Londinenſi, cujus ad priorem nota eſt ratio.*

RESOLUTIO.

Sit e. gr. linea data 186 pedum Pariſinorum, quæritur quot eadem ſit pedum Londinenſium? Quoniam pes Londinenſis eſt ad Pariſinum ut 135 ad 144 (§. 26); inferatur (§. 311. *Arith.*):

135 : 144 = 186 — 26784 ($198\frac{54}{135}$ ped. Londin.

186	135) 135::
864	1328:
1152	1215:
144	1134
26784	1080
	54

PROBLEMA 5.

131. *Ex dato quovis centro C dato radio quocunque AC circulum deſcribere.*

RESOLUTIO.

Tab. II. Fig. 34. I. In charta

1. Collocetur circini crus unum in centro dato C & aperiatur intervallo radii dati AC

2. Moveatur circinus circa centrum C: ita crus alterum peripheriam deſignabit (§. 37).

II. In ſolo & quotiescunque circini apertura tanta fieri nequit, quanta requiritur, radii vice fungitur filum, funiculus, aut virga ſive lignea, ſive ferrea.

SCHOLION 1.

Tab. II. Fig. 35. 132. *Si fune aut filo utimur, cavendum eſt, ne ſtylus FA, quo peripheria deſignatur, e ſitu perpendiculari dimoveatur: id quod impedit filum transverſum FE, ſi fuerit AF = 3, AE = 4 & FE = 5. Ratio patet per theorema Pythagoricam infra demonſtrandum.*

SCHOLION 2.

Tab. II. Fig. 37. 133. *Circini, ut inſtrumenta Geometrica reliqua, ex orichalco parantur ob durabilitatem, tractabilitatem & nitorem hujus metalli. Cuſpides tamen crurum ex chalybe fiunt: fert enim ejus durities, ut ſubtilius exacuantur. Circini, quo ad lineas metiendas & dividendas utimur, crura eadem ſunt & invariata. Sed circini, qui peripheriis & arcubus deſcribendis inſervit, crus alterum variari poteſt, ut tam plumbagine, quam atramento Sinico uti detur, prout commodum viſum fuerit. Plumbagine nempe utimur, quoties arcus delineantur abſoluta operatione rurſus delendi. Longitudo vel 3 vel 6 digitorum eſſe ſolet.*

COROL.

Digitized by Google

COROLLARIUM.

134. Quoniam unius circuli peripheria eodem modo determinatur, quo peripheria alterius cujuscunque (§. 119); omnes peripheriæ ſunt inter ſe ſimiles (§. 120). Eodem modo patet, omnes circulos & ſemicirculos eſſe inter ſe ſimiles.

Tab. I. Fig. 2.

THEOREMA 2.

135. *Diameter AE dividit tam peripheriam, quam circulum ipſum in duas partes æquales.*

DEMONSTRATIO.

Partes peripheriæ ADE & ABE, itemque circuli ADECA & ABECA determinantur, recta AC circa centrum C mota, donec ſibi in directum jaceat (§. 131). Sunt adeo arcus ABE & ADE partes peripheriæ, ſegmenta ABECA & ADECA partes circuli eodem modo determinatæ, adeoque ſimiles (§. 120). Quamobrem illi ad peripheriam, hæc ad circulum eandem rationem habent (§. 170. *Arithm.*), conſequenter tum illi, tum hæc inter ſe æquantur (§. 177 *Arithm.*). *Q.e.d.*

COROLLARIUM.

136. Super quavis igitur linea AE ex aſſumto in ea puncto C (producta, ſi opus ſit, §. 21.) deſcribi poteſt ſemicirculus.

Tab. II. Fig. 34.

THEOREMA 3.

137. *Si ex centro C duorum circulorum concentricorum ducantur radii CDA & CEB; tum arcus DE & BA ad peripherias, tum ſectores DCE & ACB ad areas ſuorum circulorum eandem rationem habent.*

DEMONSTRATIO.

Cum circuli concentrici *per hypoth.* idem centrum C habeant (§. 44), & arcus AB atque DE, itemque ſectores ACB & DCE deſcribantur radiis AC & DC a communi termino CDA ad communem terminum CEB motis (§. 131); arcus iſti atque ſectores eodem modo determinantur (§. 119), conſequenter illi peripheriarum, hi circulorum partes ſimiles ſunt (§. 120.), adeoque illi ad peripherias, hi ad circulos eandem rationem habent (§. 170. *Arithm.*). *Q.e.d.*

COROLLARIUM 1.

138 Cum arcus DE & AB intra crura ejusdem anguli ACB ex ejus vertice C deſcripti ſint arcus circulorum concentricorum (§. 44); ad ſuas quoque peripherias eandem rationem habent, conſequenter inter ſe ſunt ut peripheriæ (§. 173 *Arithm.*). Quoniam itaque peripheriæ eundem numerum graduum continent (§. 41); ipſi quoque eundem continere debent. Tab. II. Fig. 34.

COROLLARIUM 2.

139. Quia anguli quantitas æſtimatur

tur per rationem arcus ex vertice intra crura deſcripti ad totam peripheriam (§. 58); perinde eſt, quocunque radio arcus iſte deſcribatur (§. 137).

COROLLARIUM 3.

140. Eadem ergo manet anguli quantitas, ſive crura producantur, ſive minuantur.

THEOREMA 4.

Tab. II. Fig. 46. 141. *Angulorum æqualium A & a menſuræ BC & de ſunt arcus ſimiles, & contra ſi angulorum A & a menſuræ BC & de ſimiles ſunt, anguli æquales ſunt.*

DEMONSTRATIO.

Cum anguli cujuscunque A vel a quantitas æſtimetur per rationem arcus BC vel de ex vertice A vel a intra crura deſcripti ad integram peripheriam (§. 58); ſi A=a, ratio arcuum BC & de ad peripherias ſuorum circulorum eadem eſſe debet, conſequenter cum ſint partes ſuarum peripheriarum (§. 42), ſimiles ſunt (§. 170 *Arithm.*). *Quod erat unum.*

Si arcus BC & de, menſuræ angulorum A & a (§. 57), fuerint ſimiles; ad peripherias, quarum partes ſunt (§. 42), eandem rationem habent (§. 170 *Arithm.*). Quare cum quantitas angulorum A & a per eam rationem æſtimetur (§. 58), eadem omnino eſſe debet, hoc eſt, anguli æquales ſunt. *Quod erat alterum.*

COROLLARIUM.

142. Cum arcus ſimiles eandem rationem habeant ad peripherias, quarum ſunt partes (§. 170 *Arithm.*), ſi fuerint partes æqualium peripheriarum, æquales ſunt (§. 177 *Arithm.*). Si ergo menſuræ angulorum æqualium fuerint partes ejusdem peripheriæ vel æqualium peripheriarum, æquales ſunt (§. 141) & contra.

THEOREMA 5.

143. *Anguli recti KLM menſura eſt quadrans circuli.* Tab. I. Fig. 11.

DEMONSTRATIO.

Producatur LM in N (§. 21); erit $x=o$ (§. 65). Sed cum ex L ſuper recta NM deſcribi poſſit ſemicirculus (§. 136); angulorum x & o menſuræ AC & CB junctim ſumtæ conficiunt ſemicirculum (§. 57). Ergo unius menſura eſt dimidius ſemicirculus, hoc eſt circuli quadrans (§. 142), *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

144. Cum quadrans circuli 90° complectatur (§. 41); angulus rectus eſt 90° (§. 59):

COROLLARIUM 2.

145. Omnes adeo recti ſunt inter ſe æquales (§. 141), & æqualis recto etiam rectus eſt.

COROLLARIUM 3.

146. Acutus igitur minor, obtuſus major eſt quam 90° (§. 66).

THE-

Digitized by Google

THEOREMA 6.

Tab. I. Fig. 6. 147. *Duo anguli deinceps poſiti x & y, aut quotcunque ad idem punctum E ſuper eadem recta CD conſtituti ſunt æquales duobus rectis. Et contra ſi x & y fuerint duobus rectis æquales, CE ſita eſt in directum ipſi ED.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam in caſu priore anguli *x* & *y* ſunt deinceps poſiti, *per hypoth.* EC cum ED eandem rectam conſtituit (§.62). In caſu poſteriore omnes anguli conſtituti ſunt ſuper eadem recta CD ad idem punctum E, *per hypoth.* Quare cum ex E ſuper CD deſcribi poſſit ſemicirculus (§. 136); in utroque caſu menſura omnium angulorum ſimul eſt ſemicirculus (§. 57). Sed idem eſt menſura duorum rectorum (§. 143). Ergo anguli iſti ſunt duobus rectis æquales (§. 142). *Quod erat unum.*

Quodſi x & y fuerint duobus rectis æquales, nec tamen CE ponatur ipſi ED in directum ſita, recta quædam alia veluti EA ipſi ED in directum jacebit (§.21), atque hinc $o + y$ & x erunt deinceps poſiti (§.62), conſequenter duobus rectis æquales, *per demonſtrata*, adeoque $o + y + x = y + x$ (§.87 *Arith.* & §. 145 *Geom.*): quod cum ſit abſurdum (§. 84 *Arith.*), CE ipſi ED in directum ſita. *Quod erat alterum.*

COROLLARIUM 1.

148. Anguli, qui ſunt deinceps, *x* & *y*, aut plures circa idem punctum ejusdem rectæ conſtituti, ſi junctim ſumantur, conficiunt 180° (§. 144).

COROLLARIUM 2.

149. Angulorum deinceps poſitorum dato uno, alter itidem datur: relinquitur nimirum, ſi datus ex 180° ſubducatur.

COROLLARIUM 3.

150. Si in campo angulum inacceſſum vel obtuſum Quadrante metiri jubemur & eum, qui eſt deinceps, accedere licet; illius loco hunc metimur: ex 180° enim ſubductus quæſitum relinquit (§. 149).

COROLLARIUM 4.

151. Certus evades, te omnes figuræ rectilineæ angulos in campo exacte dimenſum eſſe, ſi finita operatione deinceps poſitos etiam metiaris & hos ſingulos illis ſingulis addas: quodſi enim ubique prodierit ſumma 180°, operatio rite peracta (§. 148).

PROBLEMA 6.

152. *Angulum metiri.* Tab. II. Fig. 36.

RESOLUTIO.

Cum anguli ACB menſura ſit arcus DE ex centro C intra crura AC & CB deſcriptus (§.57), totum negotium huc redit, ut numerus graduum, qui arcui DE competunt, determinetur: id quod fit ope

ope ſemicirculi in 180° exactiſſime diviſi. Nimirum

I. In charta

1. centrum Semicirculi ad verticem anguli C applicatur & radius ejus CE cruri BC admovetur.

2. Gradus in arcu DE inter crura anguli AC & CB intercepto numerantur.

Tab. II. Fig. 38. II. In Campo

1. Inſtrumentum goniometricum ita collocatur, ut radius ejus CG uni cruri anguli; centrum vero C vertici ejusdem immineat. Prius obtinetur collineando per dioptras F & G, ſeu pinnulas immobiles ad diametrum perpendiculariter erectas, verſus baculum in extremo cruris defixum; poſterius vero perpendiculum ad centrum inſtrumenti applicando.

2. Regula HI circa centrum mobilis verſus crus anguli alterum promovetur, donec per pinnulas ipſi affixas baculus in extremo ejus defixus collineanti occurrat.

3. Gradus, quem regula in inſtrumento indicat, notatur.

SCHOLION 1.

153. *Semicirculus minor, quo in charta utimur,* inſtrumentum transportatorium *vulgo appellatur. In campo quidam circulo integro; quidam nonniſi quadrante utuntur.*

SCHOLION 2.

154. *Diameter transportatorii eſt trium fere digitorum Rhenanorum; majorum vero inſtrumentorum goniometricorum unius pedis aut ad ſummum unius cum dimidio. Diviſio accurata fieri debet. In transportatoriis gradus dimidii ſatisfaciunt; in majoribus dena prima. Angulos in campo inſtrumento majore captos, quantum fieri poteſt, accuratiſſime in charta deſignaturi, diametrum transportatorio non multo minorem diametro ejus inſtrumenti, quo in campo uſi ſunt, & regulam circa centrum mobilem indulgent.*

PROBLEMA 7.

155. *Data quantitate anguli, ipſum deſcribere.* Tab. II. Fig. 36.

RESOLUTIO.

I. In charta

1. Ducatur recta CB &

2. Super alterum ejus extremum C ponatur centrum inſtrumenti transportatorii, ita ut radius ejus cum recta CB coincidat.

3. Numerentur gradus dati ab E verſus D & ad gradum ultimum notetur punctum D.

4. Ducatur recta CA. Erit ACB angulus quæſitus (§. 141).

II. In campo Tab. II. Fig. 38.

1. Collocetur inſtrumentum goniome-

niometricum ut in probl. præc. (*ſ*. 152).

2. Regula HI circa centrum C ad gradum datum promoveatur.

3. Baculus ita erigi jubeatur, ut per dioptras collineanti occurrat.

THEOREMA 7.

Tab. I. Fig. 6. 156. *Si recta AB alteram CD ſecet in E, anguli verticales x & o, item y & E, ſunt æquales.*

DEMONSTRATIO.

$$\left.\begin{array}{l} x+y=180^\circ \\ y+o=180^\circ \end{array}\right\} (\S.\ 148)$$

Ergo $x+y=y+o$ (§. 87 *Arithm.*) adeoque $x=o$ (*ſ*. 91 *Arithm.*). Eodem modo oſtenditur, eſſe y = E *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

157. Quodſi in campo aut alio in caſu angulum inacceſſum *x* metiri jubeamur; acceſſum vero non neget verticalis *o*: hunc ejus loco metiri licet.

SCHOLION.

158. *Cum tyrones ſub initium ſtudii Mathematici ſenſibus atque imaginationi nimis adhuc indulgeant ratiociniis ex aſſumtis deductis minus adſueti; figuras per data ex hypotheſibus theorematum aſſumta conſtruere ac reliquarum linearum & angulorum per conſtructionem determinatorum quantitatem explorare* (§. 126. 152) *juvat, ita ſenſus & veritas propoſitionis elucescit, & animus ad demonſtrationes genuinas percipiendas excitatur: cum enim ſit ſcire avidus, rationes veritatis noſſe deſiderat. In demonſtratione magis acquieſcunt tyrones, examine ratiocinationis legitima ſic facto, non ſecus ac theoria phyſica magis ſatisfaciunt, ubi factis experimentis decretoriis conſona deprehenduntur.*

THEOREMA 8.

159. *Omnes anguli* x, y, o, E *&c. circa punctum aliquod E conſtituti ſunt æquales quatuor rectis.* Tab. I. Fig. 6.

DEMONSTRATIO.

Deſcribatur ex puncto E vertice communi angulorum x, y, o, E &c. (*ſ*. 45) intervallo quocunque Ea circulus (§. 131); evidens eſt menſuras omnium angulorum ſimul ſumtas db, bc, ca, ad &c. conficere integram circuli peripheriam (§.143). Menſura ergo angulorum *x*, *y*, *o*, *E* &c. junctim ſumtorum eſt circulus integer (§. 55). Sed circulus eſt menſura quatuor rectorum (§.143). Ergo omnes iſti anguli æquales ſunt quatuor rectis (*ſ*.141). *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

160. Omnes itaque anguli circa idem punctum conſtituti junctim 360° conficiunt (*ſ*. 144).

THEOREMA 9.

161. *Quæ ſibi mutuo congruunt, ea & æqualia, & ſimilia ſunt.*

DEMONSTRATIO.

Quæ ſibi mutuo congruunt, eorum

Digitized by Google

rum iidem eſſe poſſunt termini (§.3). Ergo unum in locum alterius ſalva quantitate ſubſtituere licet: conſequenter æqualia ſunt (§.15. *Arithm.*). *Quod erat unum.*

Porro quoniam, quæ ſibi mutuo congruunt, eosdem terminos habere poſſunt (§. 3): quin eodem modo determinari queant dubitandum non eſt. Sunt igitur ſimilia (§. 120) *Quod erat alterum.*

THEOREMA 10.

162. *Quæ æqualia & ſimilia ſunt, ea ſibi mutuo congruunt.*

DEMONSTRATIO.

Similia differre nequeunt, niſi quantitate (§. 26 *Arithm.*). Quamobrem ſi æqualia fuerint, prorſus non differunt (§. 15 *Arithm.*). Jam ſi ſibi mutuo ſuperimpoſita non iisdem terminis continerentur, diverſitate terminorum differrent: quod cum ſit abſurdum *per demonſtrata*, iisdem terminis contineri debent, conſequenter ſibi mutuo congruunt (§. 3). *Q. e. d.*

THEOREMA 11.

163. *Si linea lineæ congruit, ſingula puncta unius ſingulis punctis alterius congruere debent.*

DEMONSTRATIO.

Linearum enim, quæ ſibi mutuo congruunt, iidem termini eſſe poſſunt (§. 3.). Sed termini linearum ſecundum longitudinem ſunt duo puncta; ſecundum latitudinem & profunditatem ipſæmet ſui termini exiſtunt (§. 11). Ergo ſi lineæ congruunt, non modo puncta extrema, ſed etiam omnia intermedia congruere debent. *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

164. Si centra & radii duorum circulorum congruunt; etiam peripheriæ, in quibus radii terminantur (§. 39), conſequenter circuli ipſi congruere debent (§. 3).

COROLLARIUM 2.

165. Ex uno itaque puncto eodem radio circulus nonniſi unicus deſcribi poteſt.

THEOREMA 12.

166. *Si fuerint duo anguli* BAC *& bac æquales, & vertex unius a ponatur ſuper verticem alterius* A; *præterea crus illius* ac *ſuper crus hujus* AC: *etiam crus alterum* ab *ſuper alterum* AB *cadet.* Tab. II. Fig. 39.

DEMONSTRATIO.

Si negas, neceſſe eſt ut *ab* vel intra angulum BAC, vel extra eum cadat. Ducatur ex A radio AD arcus Df (§. 131): erit DE menſura anguli BAC, *De* vel *Df* menſura anguli *bac* (§. 39): Ergo in caſu priore *De* menſura anguli *bac* minor; in poſteriore eadem menſura *Df* major foret menſura anguli BAC (§. 20 *Arithm.*). Quod utrumque cum ſit

ſit abſurdum (§.142); crus *a b* ſuper AB cadit. *Q. e. d.*

THEOREMA 13.

Tab. I. Fig. 9. 167. *Si vertex & crura anguli unius DAE ſupra verticem & crura alterius BAC cadant; angulus unus DAE alteri BAC æqualis eſt.*

DEMONSTRATIO.

Deſcribatur enim ex communi vertice A intra crura AD & AE arcus DE (§. 131): erit is menſura anguli DAE (§. 57). Sed quoniam crura DA & DE ſupra crura alterius anguli BA & AC cadunt, *per hypoth.* idem arcus DE inter crura AB & AC intercipitur. Eſt igitur & menſura anguli BAC (§. *cit.*), conſequenter DAE = BAC (§. 142). *Q. e. d.*

THEOREMA 14.

Tab. II. Fig. 40. 168. *Lineæ rectæ æquales ſibi mutuo congruunt.*

DEMONSTRATIO.

Eſt ab = AB *per hypoth.* Eſt vero etiam recta ab ſimilis rectæ AB (§. 17). Ergo ab ipſi AB congruit (§. 162). *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

169. Ergo ſi recta *a b* alteri æquali AB ita applicetur, ut punctum *a* ſupra A & *a b* ſupra AB cadat; etiam *b* ſupra B cadet (§. 3. 11.)

COROLLARIUM 2.

170. Si rectarum extrema coincidunt, ſingula puncta unius erunt in recta altera (§. 162), atque hinc inter duo puncta nonniſi unica recta cadit.

COROLLARIUM 3.

171. Cum radii circulorum ſint lineæ rectæ (§. 39), ubi æquales fuerint, ſibi mutuo congruunt (§. 168), conſequenter etiam circuli congruere debent (§. 164), atque adeo circuli æquales ſunt, quorum æquales ſunt radii (§. 161).

COROLLARIUM 4.

172. Quoniam non abſimili modo patet, circulum, cujus minor eſt radius, congruere parti circuli radium majorem habenti; minor eſt circulus, cujus minor radius; major vero, cujus radius major (§. 20 *Arithm.*).

THEOREMA 15.

173. *Si centro circuli C applicetur lineæ rectæ CD, radio AC æqualis, extremum unum; alterum peripheriam attinget.* Tab. I. Fig. 2.

DEMONSTRATIO.

Quoniam recta CD radio æqualis, *per hypoth.* ipſi congruet (§. 168) adeoque eosdem cum eo terminos habere debet (§. 3). Sed radius ex centro eductus in peripheria terminatur (§. 39). Ergo & recta CD ipſi æqualis, ſi alterum extremum in C hæreat, altero peripheriam attinget. *Q. e. d.*

THEOREMA 16.

174. *Anguli ſimiles ſunt etiam æquales.*

DEMONSTRATIO.

In angulis ſimilibus ea coincidunt,

Digitized by Google

dunt, per quæ a ſe invicem diſcerni debent (§. 24. *Arithm.*). Quare cum anguli diſtinguantur per rationem arcuum ex vertice intra crura deſcriptorum ad peripheriam (§. 58), ſi anguli ſunt ſimiles, arcus iſti ad ſuas peripherias eandem rationem habere, hoc eſt, & ipſi ſimiles eſſe debent (*§.* 141 *Geom.* & §. 170. *Arith.*) Sunt igitur anguli æquales (§. 141). *Q. e. d.*

THEOREMA 17.

175. *In figuris ſimilibus anguli homologi ſunt æquales & latera homologa proportionalia.*

DEMONSTRATIO.

In figuris ſimilibus ea coincidunt, per quæ a ſe invicem diſcerni debent (§. 24 *Arith.*). Quare cum figuræ nequeant diſtingui niſi per angulos & latera; illi æquales (*§.* 174), hæc proportionalia eſſe debent (§. 154 *Arith.*) *Q. e. d.*

SCHOLION.

176. *Sermo nobis tantum eſt de figuris rectilineis, quarum latera in ſe ſpectata omnia inter ſe ſimilia ſunt. Alias addendum foret, latera homologa debere eſſe inſuper inter ſe ſimilia & ſimiliter poſita, e. gr. arcus circulorum ſimiles convexitatem centro figuræ obvertentes.*

THEOREMA 18.

177. *Figurarum ſibi mutuo congruentium* RTVS & rtus *anguli & latera homologa inter ſe æqualia ſunt.* Tab. I. Fig. 25.

DEMONSTRATIO.

Quoniam figuræ RTVS & *rtus* ſibi mutuo congruunt, *per hypoth.* iidem utriusque termini eſſe posſunt (§. 3). Quare cum termini earum ſint perimetri (*§.* 31); una *rtus* ſupra alteram RTVS ita poni poteſt, ut *tu* ipſi TV, *tr* ipſi TR, *rs* ipſi RS &c. congruat. Ergo latera homologa ſunt inter ſe æqualia (§. 161). *Quod erat unum.*

Sunt vero T & *t*, R & *r*, S & *s* &c. vertices; TV, TR, RS, SV & *tu, tr, rs, sv* crura angulorum homologorum (§. 54). Quamobrem & anguli homologi æquales ſunt (§. 166). *Quod erat alterum.*

SCHOLION.

178. *Patet ex ſcholio præcedente, quomodo idem theorema ad figuras quoque non rectilineas extendatur.*

CAPUT

Digitized by Google

CAPUT III.

De

LINEARUM RECTARUM ET TRIANGULORUM SYMPTOMATIS.

THEOREMA 19.

Tab. I. Fig. 25. 179. *Si in duobus triangulis* ABC *&* abc *fuerit* A=a, AB=ab, AC=ac; *erit etiam* BC=bc, C=c, B=b *totaque triangula æqualia & ſimilia erunt.*

DEMONSTRATIO.

Concipiamus triangulum *abc* ita poni ſuper alterum ABC, ut punctum *a* ſuper A & recta *ab* ſuper AB cadat. Quoniam *ab*= AB, *a*=A & *ac*=AC, *per hypoth.* punctum *b* ſuper B (§.168), recta *ac* ſuper AC (§.166) & punctum *c* ſuper C (§.169), conſequenter *bc* ſuper BC(§.170) cadit, adeoque △*abc* alteri ABC congruit (§.5), conſequenter *bc*=BC (§.161), *c*= C & *b*=B (§. 167), totaque triangula æqualia & ſimilia ſunt(§.161). *Q.e.d.*

PROBLEMA 8.

Tab. I. Fig. 41. 180. *Datis duobus lateribus* AB & AC *cum angulo intercepto* A: *triangulum conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. Aſſumto AB pro baſi, in A conſtituatur angulus datus (§. 155).

2. In crus ejus alterum transferatur altera datarum AC.

3. Tandem ducatur recta BC.

Erit ABC triangulum deſideratum (§.179).

SCHOLION.

181. *Tyrones latera & angulos datos in numeris aſſumant: quod in aliquibus caſibus ad demonſtrationes empiricas diſtinctius percipiendas proderit, quas ſupra (§. 158) commendavimus.*

COROLLARIUM 1.

182. Determinatis adeo duobus lateribus cum angulo intercepto, tota triangula determinantur.

COROLLARIUM 2.

183. Quare ſi in duobus triangulis ACB & *acb* fiat *a*=A & *ab*: *ac*=AB AC; triangula eodem modo determinantur (§. 119), adeoque ſimilia ſunt (§. 120), conſequenter etiam *c*=C & *b*=B, *ab*: *bc*=AB: BC &c. (§. 175).

THEOREMA 20.

184. *In triangulo æquicruro DFE* Tab. II.
1. *anguli ad baſin* y *&* u *ſunt æquales,* 2. *recta FG, quæ angulum DFE* Fig. 44.
biſariam ſecat, baſin quoque DE, *& 3. triangulum ipſum biſariam ſecat: immo 4. FG ad baſin DE perpendicularis.*

DE-

DEMONSTRATIO.

Nam $o=x$, *per hypoth.* $DF=FE$ (§. 89) & $FG=FG$ (§. 81 *Arithm.*) Ergo 1. $y=x$, 2. $DG=GE$, 3. $\triangle DFG=\triangle GFE$ (§. 179). Et quia etiam anguli ad G æquales, *per* §. *cit.* 4. FG ad DE normalis eſt (§. 79) *q. e. d.*

COROLLARIUM.

185. Cum triangulum æquilaterum ſit etiam æquicrurum (§. 88. 89.); theorema præſens de æquilatero itidem verum eſt.

THEOREMA 21.

Tab. I. Fig. 16. 186. *In triangulo æquilatero ABC omnes anguli ſunt inter ſe æquales.*

DEMONSTRATIO.

Eſt enim $AC=CB$ (§. 88). Ergo $A=B$ (§. 184). Eſt vero etiam $AC=AB$ (§. 88). Ergo $C=B$ (§. 184). Quare $A=C$ (§. 87 *Arithm.*) *q. e. d.*

COROLLARIUM.

187. Triangulum itaque æquilaterum eſt etiam æquiangulum (§. 105).

THEOREMA 22.

Tab. III. Fig. 55. 188. *Si trianguli ABC latus unum AC continuetur in D; erit angulus externus DAB major quolibet interno oppoſito B vel C.*

DEMONSTRATIO.

Concipiatur AB bifariam diviſa in F ductaque recta CF producenda in G (§. 21), donec fiat $GF=FC$. Quoniam GC ſecat AB in F (§. 50), erit $z=y$ (§. 156), conſequenter $o=x$ (§. 179). Sed $DAB>o$ (§. 84 *Arithm.*). Ergo & $DAB>x$ (§. 89 *Arithm.*). Eodem modo oſtenditur eſſe DAB, aut, quod perinde eſt (§. 156), ejus verticalem $HAC>ACB$. *q. e. d.*

THEOREMA 23.

189. *In omni triangulo ABC latus majus AC opponitur majori angulo B; minus AB minori C & contra.* Tab. III. Fig. 57.

DEMONSTRATIO.

Quoniam $AB<AC$. *per hypoth.* parti hujus AD æqualis eſt (§. 20. *Arithm.*), Ducatur recta BD (§. 121): erit BAD triangulum æquicrurum (§. 89), adeoque $o=x$ (§. 184). Sed $o>C$ (§. 188). Ergo $x>C$ (§. 89 *Arithm.*), conſequenter multo magis $B>C$. *Quod erat unum.*

Sit $B>C$, *per hypoth.* Si non ſit $AC>AB$, erit vel $AC=AB$, vel $AC<AB$, adeoque in caſu primo $B=C$ (§. 184.), in altero $B<C$, *per demonſtr.* Sed cum utrumque hypotheſin evertat; abſurdum eſt, conſequenter ſi angulus $B>C$, etiam $AC>AB$. *Quod erat alterum.*

THEOREMA 24.

Tab. III. Fig. 57. 190. *In omni triangulo ABD duo latera*

latera AD & BD ſimul ſumta ſunt tertio AB majora.

DEMONTSRATIO.

Producatur AD in C (§. 21), donec fiat $BD = DC$, adeoque $AC = AD + DB$ (§. 88. *Arithm.*): erit △ BDC æquicrurum (§. 89) & hinc $y = C$ (§. 184), conſequenter $C < x + y$ (§. 48. *Arithm.*). Quare AC ſeu $AD + DB > AB$ (§. 189.). *Q. e. d.*

THEOREMA 25.

Tab. I. Fig. 1. 191. *Linea recta AB eſt breviſſima omnium, quæ intra eosdem terminos A & B continentur.*

DEMONSTRATIO.

Sit curva quæcunque ACB. Ducantur rectæ AC & CB: erit $AC + CB > AB$ (§. 190). Ducantur porro rectæ AD & DC, item CE & EB: erit $AD + DC > AC$ & $CE + EB > CB$ (§. cit.), conſequenter $AD + DC + CE + EB > AC + CB$ (§. 90 *Arithm.*), adeoque multo magis $AD + DC + CE + EB > AB$. Quodſi plures ducas ſubtenſas; erit earum aggregatum denuo majus ipſa AB. Quare cum illæ ſubtenſæ cum curva tandem coincidant, erit ea major recta AB intra eosdem terminos contenta. Eſt ergo recta AB minor curva quacunque intra eosdem terminos contenta, hoc eſt omnium linearum breviſſima, quæ ab A usque ad B duci poſſunt. *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

192. Diſtantia ergo puncti A a puncto B in plano eſt linea recta (§. 15. 36): cumque inter duo puncta nonniſi unica linea recta contineri poſſit (§. 170); via in plano breviſſima eſt numero unica.

COROLLARIUM. 2.

193. Singula itaque peripheriæ puncta a centro circuli æqualiter diſtant (§. 37).

PROBLEMA 9.

194. *Metiri diſtantiam duorum locorum A & B ex eodem tertio C acceſſorum.*

RESOLUTIO.

1. In loco C ad arbitrium electo defigatur baculus. Tab. II. Fig. 42.
2. Linea AC transferatur ope funis & catenæ ex C in *a*, ita ut baculus in *a* defigendus ſit cum C & A in eadem recta (§. 125).
3. Eadem ratione ex C in *b* transferatur linea CB.
4. Inveſtigetur longitudo rectæ *ab* (§. 126). Dico, *ab* eſſe æqualem diſtantiæ quæſitæ.

DEMONSTRATIO.

Cum loca A & B punctorum inſtar in eodem plano ſitorum conſide-

Digitized by Google

ſiderentur, eorum diſtantia eſt recta AB (§.192). Quoniam vero A *a* & B*b* ſunt lineæ rectæ *per conſtr.* & ſe mutuo ſecant in C (§. 50).

erit $x = y$ (§.156).

Præterea $aC = CA$ } *per conſtr.*
$bC = CB$ }

Ergo $ba = AB$ (§179). *Q. e. d.*

Aliter.

Tab. II. Fig. 42. 1. Collocato inſtrumento goniometrico in C inveſtigetur quantitas anguli x (§.152).

2. Quæratur porro longitudo rectarum AC & BC (§. 126).

3. Ex datis cruribus AC & CB cum angulo intercepto x conſtruatur juxta ſcalam geometricam modicam triangulum $a\ c\ b$ (§. 180).

4. Inveniatur in eadem menſura longitudo baſis $a\,b$ (§.126).

Iidem numeri indicabunt diſtantiam AB in ea menſura, qua in campo uſus es.

DEMONSTRATIO.

Eſt enim $x = x$ & $a\,c : c\,b = AC : CB$, *per conſtr.* conſequenter $c\,b : ab = CB : AB$ (§.183). Ergo iidem numeri, qui reſpondent rectis $c\,b$ & $a\,b$ in menſura modica, etiam rectis CB & AB in majore reſpondent (§.155. *Arithm.*) *Q. e. d.*

Aliter.

Tab. II. 1. In menſula Geometrica in D horizontaliter collocata aſſumatur punctum c, & in eo acicula defigatur, ad quam Fig. 43.

2. applicata regula cum dioptris tam diu huc illucque moveatur, donec per ea proſpicienti punctum B occurrat, ducaturque in hoc regulæ ſitu recta $c\,b$.

3. Similiter collineatio fiat in punctum A, ducaturque $c\,a$.

4. Inveſtigetur longitudo rectarum cA & cB (§. 126) &

5. Ex menſura modica transferantur lineæ iſtis proportionales ex c in a & b.

6. Tandem in eadem menſura inveniatur longitudo ipſius $a\ b$ (§. 126).

Iidem numeri indicabunt diſtantiam AB in menſura majore, qua in campo uſus es.

DEMONSTRATIO.

Coincidit cum proxime præcedente.

SCHOLION 1.

195. *Quodſi anguſtia ſpatii non permittit, ut integræ AC & BC in* a *&* b *transferantur; poterunt* a c *&* b c *fieri* $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}$ *&c. ipſarum AC & BC: quo in caſu eodem modo ut in reſolutione ſecunda demonſtrabitur, eſſe* a b $= \frac{1}{2}$, *vel* $\frac{1}{3}$, *vel* $\frac{1}{4}$ *&c. ipſius AB.* Tab. II. Fig. 42.

SCHOLION. 2.

196. *Notent tyrones artificium, quo demon-*

Digitized by Google

demonſtrationes Geometricas non modo ad faciliimam intelligentiam reducere, ſed & proprio Marte invenire poſſunt. Nimirum quicquid vel ex conſtructione problematis aut hypotheſi theorematis, vel ex conſpectu figuræ utramque repræſentantis, diſtincte cognoſcitur, per characteres diſtincte exprimatur, veluti in demonſtratione prima præſentis, quod $x = y$, $ac = AC$ & $bc = BC$. *Quo facto diſpiciatur, cujusnam theorematum antecedentium hypotheſis in iis contineatur: theſis enim illius theorematis oſtendit, quid ex iis conſequatur, veluti in noſtro exemplo, quod* $ab = AB$. *Cum vero maxima demonſtrationum pars ex paucis de congruentia & ſimilitudine triangulorum theorematis derivetur; eorundem recordatio tandem familiariſſima evadat opus eſt.*

THEOREMA 26.

Tab. I. Fig. 8. 197. *Si ex punctis extremis C & O rectæ alicujus radiis CP & PO, qui junctim ſumti recta CO majores ſunt, deſcribantur circuli; ii ſe mutuo ſecabunt.*

DEMONSTRATIO.

Sit $CP < CO$; erit parti hujus veluti CN æqualis (§. 20 *Arithm.*), adeoque ipſi congruit (§. 168). Quare ſi ex centro C radio CP circulus PNQP deſcribatur (§. 131); erit punctum N in peripheria ipſius (§. 173.) Eodem modo oſtenditur, ſi ex centro O radio OP deſcribatur circulus; fore punctum M in peripheria ipſius. Cum ergo $CN + NO < CP + PO$, *per hypoth.* & $CP = CN$ (§. 40); erit $NO < PO$ (§. 92 *Arithm.*). Sed $PO = MO$ (§. 40 & *per demonſt.*), Ergo $NO < MO$ (§. 89 *Arithm.*), Quare punctum N peripheriæ circuli PNQP cadit intra circulum PMRP, conſequenter circuli ſe mutuo ſecant (§. 52). *Quod erat unum.*

Nec abſimili modo idem oſtenditur, ſi fuerit $CP > CO$, vel $CP = CO$. *Quod erat alterum.*

PROBLEMA 10.

198. *Super data recta AB triangulum æquilaterum conſtruere.* Tab. I. Fig. 16.

RESOLUTIO.

1. Ex A tanquam centro intervallo ipſius AB deſcribatur arcus *y* &
2. Ex B eodem intervallo alius *x* (§. 131), qui priorem in C interſecabit (§. 197).
3. Ducantur rectæ AC & CB: erit ACB triangulum æquilaterum.

DEMONSTRATIO.

Etenim $AC = AB$ & $BC = AB$ (§. 40). Ergo $AC = BC$ (§. 87 *Arithm.*). Quare triangulum ABC eſt æquilaterum (§. 88). *Q. e. d.*

PROBLEMA 11.

199. *Data baſi DE & crure DF,*

quod illa dimidia majus ſit, triangulum æquicrurum conſtruere.

RESOLUTIO.

Tab. I. Fig. 17. 1. Ex uno baſis extremo D intervallo cruris dati DF deſcribatur arcus &

2. ex altero extremo E eodem intervallo arcus alius (§. 131), qui ob DF + EF > DE *per hypoth. & conſtr.* priorem in F interſecabit (§. 197).

3. Ducantur rectæ DF & EF (§. 121). Dico, DFE eſſe triangulum æquicrurum.

DEMONSTRATIO.

DF = FE, *per conſtr.* Ergo DFE eſt triangulum æquicrurum (§. 89). *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

200. Determinatis ergo baſi DE & crure DF totum triangulum æquicrurum determinatur.

COROLLARIUM 2.

201. Duo igitur triangula æquicrura DFE & *dfe* eodem modo determinantur, ſi ſiat DF : DE = *df* : *de* (§. 119), conſequenter ſimilia (§. 120), adeoque ſibi mutuo æquiangula ſunt (§. 175 & 109).

THEOREMA 27.

Tab. II. Fig. 45. 202. *Duo ſemicirculi CLE & DGF nonniſi in puncto unico G ſe mutuo ſecare poſſunt.*

DEMONSTRATIO.

Secent enim, ſi fieri poſſit, præterea ſe etiam in L. Ducantur ex centris A & B ad puncta interſectionum L & G rectæ AL, AG, BL, BG; puncta item interſectionum connectantur recta GL (§. 121). Quoniam BL = BG (§. 40); erit BGL = BLG (§. 184). Sed BGL > AGL (§. 84 *Arithm.*): ergo BLG > AGL (§. 89 *Arithm.*). Porro quia AL = AG (§. 40); AGL = ALG (§. 184). Quare BLG > ALG (§. 89 *Arithm.*): quod cum ſit abſurdum (§. 84 *Arithm.*); duo ſemicirculi nonniſi unico in puncto ſe mutuo ſecare poſſunt. *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

203. Ergo duo integri circuli non niſi duobus in punctis ſe mutuo ſecare poſſunt.

THEOREMA 28.

204. *Si in duobus triangulis* ACB *&* acb *fuerit* AC = ac, AB = ab, BC = bc; *etiam* A = a, B = b, C = c, *totaque triangula æqualia ſunt & ſimilia.* Tab. II. Fig. 41.

DEMONSTRATIO.

Ex centro A radio AC deſcriptus concipiatur arcus *y* & ex centro B radio BC. alius *x* (§. 131). Concipiamus porro $\triangle$ *acb* ita poni ſupra $\triangle$ ACB, ut punctum *a* ſuper A & recta *ab* ſuper AB cadat. Quonium *ab* = AB, *per hypoth.*

pun-

Digitized by Google

punctum b ſuper B cadet (ſ.169). Et quia ac = AC & bc = BC, *per hypoth.* recta ac in arcu y & bc in arcu x terminabitur (ſ.173), conſequenter punctum c ſuper C cadet (ſ.202) & rectæ ac, bc rectis AC, BC congruent (§.170). Quare a = A, b = B, c = C (§. 167); cumque △ acb alteri ACB congruat (§.3), △ acb = & ∽ △ ACB (ſ.161). *Q. e. d.*

PROBLEMA 12.

Tab. I. Fig 18. 205. *Datis tribus lateribus AB, BC, CA, quorum duo ſimul ſumta AC & BC tertio AB majora ſunt, triangulum conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. Aſſumta AB pro baſi, ex A intervallo ipſius AC deſcribatur arcus y &
2. ex B intervallo ipſius BC arcus alius x (ſ 131), qui ob AC + BC > AB *per hypoth.* priorem in C ſecabit (ſ.197).
3. Ducantur rectæ AC & BC (ſ. 121). Ita factum eſt, quod petebatur.

COROLLARIUM 1.

206. Cum ex tribus datis rectis nonniſi unicum triangulum conſtrui poſſit (§. 204); determinatis tribus lateribus, totum triangulum determinatur.

COROLLARIUM 2.

207. Quare ſi in duobus triangulis ACB & acb fiat AC : AB = ac : ab, AC : BC = ac : bc; triangula eodem modo determinantur (ſ. 119), conſequenter ſimilia (ſ. 120), adeoque ſibi mutuo æquiangula ſunt (ſ. 175. 109).

PROBLEMA 13.

208. *Angulo dato DAE æqualem bac conſtituere.* Tab. II. Fig. 46.

RESOLUTIO.

I. In charta

1. Ex A intervallo AC deſcribatur arcus BC, erit AB = AC (ſ. 40).
2. Ducatur recta ac = AC & ex a intervallo ipſius AB deſcribatur arcus x, item
3. Ex c intervallo ipſius CB alius y, qui ob AB + BC > AC (§. 190), ſeu ab + bc > ac (§.190), priorem in b interſecabit (§. 197).
4. Ducatur recta ab (§.121).

Dico eſſe a = A.

II. In Solo

1. Defigatur baculus in C cum A & E, itemque alius in B cum A & D in eadem recta (§.125).
2. In a & c defigantur baculi ea lege, ut ſit ac = AC.
3. Ad eos funis vel catena ita applicetur, ut pars ipſius ab = AB & altera cb = CB fiat.
4. In b defigatur baculus.

Dico eſſe bac = BAC.

Interdum etiam in ſolo uti licet modo priore.

Digitized by Google

DEMONSTRATIO.

In utroque caſu $ac = AC$, $ab = AB$, $cb = CB$, *per conſtruct.* Ergo $bac = BAC$ (§.204). *Q. e. d.*

Tab *PROBLEMA 14.*

II. 209. *Angulum datum HIK in*
Fig. *duas partes æquales dividere.*
47. *RESOLUTIO.*

1. Ex centro I ducatur radio quocunque arcus LM (§.131).
2. Ex L & M intervallo dimidia LM majore ducantur arcus ſe mutuo ſecantes in N (§.197).
3. Ducatur recta IN (§.121).

Dico eſſe $HIN = NIK$.

DEMONSTRATIO.

Eſt enim $IL = IM$ (§.40), $LN = MN$ *per conſtr.* $IN = IN$. Ergo $HIN = NIK$ (§.204). *Q. e. d.*

PROBLEMA 15.

Tab. 210. *Lineam rectam AB in duas*
II. *partes æquales dividere & in me-*
Fig. *dio ejus perpendicularem erigere.*
50.

RESOLUTIO.

I. In charta

1. Ex A & B intervallo dimidia AB majore ducantur arcus ſe mutuo in C ſecantes (§.197).
2. Fiat ſimilis interſectio infra lineam in D (§. *cit.*).
3. Ducatur recta DC (§.121).

Dico eſſe $AE = EB$.

DEMONSTRATIO.

△ ACB eſt æquicrurum (§.198) & recta CED dividit angulum ACB bifariam (§.209). Ergo eadem recta CD dividit AB bifariam in E & ad AB in E perpendicularis (§.184). *Q. e. d.*

Aliter.

1. Ponatur circinus in A & eo uſ- Tab.
que aperiatur, donec medium II.
lineæ attingere videatur in D. Fig.
2. Intervallum AD transferatur ex 51.
B in E: quo facto
3. Non difficile erit determinatu punctum medium F.

II. In Solo.

1. Filum longitudini lineæ AB æquale complicetur, ut punctum medium inveniatur.
2. Hoc acicula infixa notetur & filum lineæ datæ rurſus coextendatur.
3. Ad punctum medium baculus in terra defigatur.

Sic factum eſt, quod petebatur.

SCHOLION.

211. *Duo modi poſteriores equidem ſecandi rectam bifariam mechanici dicuntur, non geometrici, quia tentando res peragitur: illorum tamen in praxi egregius eſt uſus.*

PROBLEMA 16.

212. *Ex puncto G in recta ML dato perpendicularem GI excitare.*

RESOLUTIO.

I. In charta,

1. Po-

Digitized by Google

Tab. II. Fig. 49. 1. Poſito circino in G arbitrario intervallo reſecentur utrinque partes æquales GK & GH.

2. Ex punctis K & H intervallo dimidia KH majore fiat interſectio in I (§. 197).

3. Ducatur recta GI (§. 121), quæ erit ad ML perpendicularis.

DEMONSTRATIO.

Nam KG = GH & KI = IH, *per conſtruct.* IG = IG. Ergo anguli ad G ſunt æquales (§.204), conſequenter IG ad ML perpendicularis (§.79). *Q. e. d.*

RESOLUTIO alia.

Tab. II. Fig. 25. 1. Normæ, hoc eſt, inſtrumenti ex duabus regulis ad angulum rectum junctis compoſiti crus unum ita applicetur ad rectam ML, ut anguli vertex ſupra punctum datum G cadat.

2. Ducatur juxta crus alterum rectaIG (§.121), quæ erit ad ML perpendicularis.

DEMONSTRATIO.

Angulus normæ eſt rectus, *per hypoth.* ſed ipſi æqualis eſt IGL (§. 167): ergo IGL eſt itidem rectus (§.145), adeoque IG ad ML perpendicularis (§. 78).

Tab. II. Fig. 52. II. In ſolo

Norma utimur majore & juxta crus GI filum extenditur. Aut

Tab. II. Fig. 49. 1. Filum KIH in duas partes æquales in I diviſum ex punctis KIH extenditur &

2. In I baculus defigitur, tandemque.

3. KH bifariam ſecatur in G (§. 210). Dico eſſe GI ad KH perpendicularem.

DEMONSTRATIO.

Cum KI = HI, & KG = GH, *per conſtruct.* GI = GI. Anguli ad G deinceps poſiti ſunt æquales (§.204), conſequenter IG ad ML normalis (§. 79). *Q. e. d.*

THEOREMA 29.

213. *Ex uno puncto D ſuper eandem recta AB nonniſi perpendicularis unica CD erigi poteſt in eodem plano.* Tab. III. Fig. 53.

DEMONSTRATIO.

Si fieri poteſt, ſit præterea DE ad idem punctum D perpendicularis, quæ intra crura anguli ADC cadat: erit ADE angulus rectus (§. 78). Et quoniam CD perpendicularis ad AD, *per hypoth.* CDA ſimiliter rectus eſt (§. *cit.*), conſequenter ADE = ADC (§. 145): quod cum ſit abſurdum (§. 84 *Arithm.*), ED ad AB perpendicularis eſſe nequit. *Q. e. d.*

THEOREMA 30.

214. *Si recta CD perpendicularis ad DB continuetur in F, erit etiam DF ad DB perpendicularis.* Tab. III. Fig. 53.

DE-

DEMONSTRATIO.

Quoniam CD perpendicularis ad DB *per hypoth.* angulus *x* rectus eſt (§.78). Ergo *y* ſimiliter rectus eſt (§.65), conſequenter DF perpendicularis ad DB (§.78). *Q. e. d.*

THEOREMA 31.

Tab. III. Fig. 54. 215. *Si duo puncta H & Q alicujus rectæ HI a duobus punctis K & L alterius rectæ MN utrinque æqualiter diſtent; erit HI ad MN perpendicularis.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam puncta H & Q utrinque a punctis K & L æqualiter diſtant, *per hypoth.* HK = HL & QK = QL (§.192). Eſt vero etiam QH = QH. Ergo *o* = *x* (§.204), conſequenter cum HI = HI, anguli ad I æquales (§.179), adeoque HI ad MN perpendicularis (§.79). *Q. e. d.*

PROBLEMA 17.

Tab. III. Fig. 54. 216. *A dato puncto H ad rectam MN perpendicularem HI demittere.*

RESOLUTIO.

I. In charta

1. Poſito circino in H intervallo arbitrario, eodem tamen interſecetur MN in K & L.
2. Ex K & L fiat interſectio in Q (§.197).
3. Ducatur per Q recta HI (§.121). Hæc erit ad MN perpendicularis.

DEMONSTRATIO.

Quoniam KH = LH & KQ = LQ *per conſtruct.* puncta H & Q a punctis K & L utrinque æqualiter diſtant (§.192). Ergo HI ad MN perpendicularis (§.215). *Q. e. d.*

Aliter.

1. Applicetur norma ad lineam datam ML; ita ut crus unum eandem ſtringat, alterum vero punctum datum I attingat. Tab. II. Fig. 52.
2. Ducatur recta GI (§.121), quæ ad ML perpendicularis erit.

DEMONSTRATIO.

Eadem eſt, quæ in caſu ſimili problematis 16 (§.212).

II In ſolo

Aut utimur norma majore, ut in probl. 16. aut Tab. III. Fig. 54.

1. Fune ex H extenſo deſignantur puncta K & L & in iis baculi defiguntur.
2. Intervallum KL dividitur bifariam in I (§.210).

Dico, baculos in H & I defixos perpendicularem HI deſignare

DEMONSTRATIO.

Quoniam KH = LH & KI = LI, *per conſtruct.* HI = HI; anguli ad I ſunt æquales (§.204), adeoque HI ad MN perpendicularis (§. 79). *Q. e. d.*

THE-

Digitized by Google

THEOREMA 32.

Tab. III. Fig 56. 217. *Ab uno puncto H ad eandem rectam LM non niſi unica perpendicularis HI duci poteſt.*

DEMONSTRATIO.

Ducatur, ſi fieri poteſt, adhuc alia HK ad LM itidem perpendicularis, erit o rectus (§.78). Quia HI ad LM perpendicularis, *per hypoth.* erit x quoque rectus (§. *cit.*). Eſt vero $o > x$ (§.188), adeoque unus rectus altero recto major: quod cum ſit abſurdum (§. 145), a puncto I ad LM nonniſi unica perpendicularis duci poteſt. *Q.e.d.*

THEOREMA 33.

Tab. III. Fig. 56. 218. *In omni triangulo rectangulo HIK angulus nonniſi* x *rectus eſt; reliqui H & K ſunt acuti.*

DEMONSTRATIO.

Angulus *y* rectus eſt (§.79). Sed $y > m$, item $> H$ (§. 188). Ergo K & H ſunt recto minores, adeoque acuti (§. 66). *Q.e.d.*

COROLLARIUM 1.

219. Angulorum igitur maximus in triangulo rectangulo eſt rectus.

COROLLARIUM 2.

220. In triangulo rectangulo latus maximum eſt hypothenuſa (§.95. 189.).

THEOREMA 34.

Tab. I. 221. *In triangulo obtuſangulo P NO angulus obtuſus nonniſi unicus eſt, reliqui P & O ſunt acuti.* Fig. 20.

DEMONSTRATIO.

$y + x = 2$ rectis (§.147). Sed *y*, utpote obtuſus *per hypoth.* major recto (§.66). Ergo *x* recto minor. Quoniam vero $x > O$, item $> P$ (§.188); erunt O & P multo magis recto minores, adeoque acuti (§.66). *Q.e.d.*

COROLLARIUM 1.

222. In triangulo obtuſangulo angulorum maximus eſt obtuſus.

COROLLARIUM 2.

223. Ergo latus maximum, quod obtuſo opponitur (§. 189).

THEOREMA 35.

224. *Linea perpendicularis HI eſt breviſſima omnium, quae a puncto H ad eandem rectam LM duci poſſunt.* Tab. III. Fig. 56.

DEMONSTRATIO.

Quoniam HI perpendicularis ad LM *per hypoth.* angulus x rectus eſt (§.78), adeoque HK hypothenuſa, conſequenter $HK > HI$ (§.220). *Q.e.d.*

COROLLARIUM 1.

225. Ergo diſtantia puncti a linea vel plano eſt recta ab illo puncto ad lineam vel planum perpendicularis (§. 15).

COROLLARIUM 2.

216. Quare ſi linea HI fuerit ipſi KL parallela, erunt perpendicula quaevis ex illa Tab. III. Fig. 58.

ex illa in hanc demiſſa GE, AB, CD inter ſe æqualia & contra (§. 81).

COROLLARIUM 3.

227. Altitudo figuræ eſt perpendiculum ex vertice in baſin demiſſum (§. 115).

COROLLARIUM 4.

Tab. I. Fig. 19. 228. In triangulo rectangulo angulus K rectus (§. 91) & hinc cathetus unus MK ad alterum KL perpendicularis (§. 78). Ergo ſi KL ſumatur pro baſi, erit M vertex (§. 114), adeoque MK altitudo (§. 227).

COROLLARIUM 5.

Tab. I. Fig. 21. 23. 229. Similiter in quadrato & oblongo latus unum cum altero efficit rectum C vel K (§ 98. 100), adeoque unum ad alterum perpendiculare (§. 78). Quod ſi ergo latus unum CD vel IK ſumatur pro baſi; erit A vel L vertex (§. 114), conſequenter AC vel LK altitudo (§. 227).

THEOREMA 36.

Tab. III. Fig. 58. 230. *Si HI fuerit parallela & BA perpendicularis ad KL; erit eadem AB etiam perpendicularis ad HI.*

DEMONSTRATIO.

Fiat EB = BD & erigantur ex E & D perpendiculares EG & DC (§. 212); erit GE = CD (§. 225) & E = D (§. 78. 145), conſequenter BG = BC & $y = u$ (§. 179). Sed quoniam AB perpendicularis ad KL, *per hypoth.* ideo $u + x = o + y$ (§. 79). Ergo & $x = o$ (§. 91. *Arithm.*). Quare cum porro ſit AB = AB; erit & m = n (§. 179), adeoque BA ad HI perpendicularis (§. 79). *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

231. Sunt ergo EG, AB, CD diſtantiæ tum rectæ KL a recta HI, tum rectæ HI a recta KL (§. 225), adeoque ſi HI parallela ipſi KL, etiam KL parallela eſt ipſi HI (§. 81).

THEOREMA 37.

Tab. III. Fig. 59. 232. *Parallelæ* AB & EF *eidem tertiæ CD ſunt etiam parallelæ inter ſe, & parallelis parallelæ ſunt inter ſe parallelæ.*

DEMONSTRATIO.

Ducantur GI & KM perpendiculares ad CD (§. 216): erunt eædem perpendiculares ad EF (§. 214. 230). Ergo GH = KL & HI = LM (§. 226), conſequenter GH + HI = KL + LM (§. 88. *Arithm.*) hoc eſt, GI = KM (§. 86. 87 *Arith.*) adeoque AB parallela ipſi EF (§. 225. 81). *Quod erat unum.* Poſterius patet per prius.

THEOREMA 38.

Tab. III. Fig. 60. 233. *Si duas parallelas* AB & CD *ſecet tranſverſa* EF *in* G & H, *erunt 1. anguli alterni* y & u *æquales; 2. angulus externus* x *æquatur interno oppoſito* u; *3. duo interni oppoſiti* o & u *ſunt æquales duobus rectis.*

DE-

DEMONSTRATIO.

Si recta EF ſecet parallelas AB & CD ad angulos rectos, omnia manifeſta ſunt per theorema 36 (§. 230). Si vero oblique ſecet; ducantur perpendiculares GI & HK (§. 212). Producatur GI in M & HK in L (§. 21), donec fiat IM=GI & KL=HK.

1. Quoniam GI perpendicularis ad CD *per conſtruct.* erunt anguli ad I æquales (*§.* 79). Porro GI = IM *per conſtr.* & IH=IH. Ergo HG = HM & $u = z$ (*§.* 179). Eodem modo oſtenditur eſſe HG = GL & $y = t$. Quamobrem & GL = HM (§ 87 *Arithm.*). Eſt vero etiam HK = GI (*§.* 226) & hinc HK + KL = GI + IM (§. 88 *Arithm.*), hoc eſt, HL = GM (§. 86 *Arithm.*) & GH = GH: Unde $t + y = u + z$ (*§.* 204). Cum itaque $t = y$ & $u = z$ *per demonſtrata*: erit $y + y = u + u$ (*§.* 15 *Arithm.*), hoc eſt $2y = 2u$, conſequentur $y = u$ (*§.* 94 *Arithm.*): *Quod erat primum.*

2. $x = y$ (*§.* 156) & $u = y$ (*per n. 1.*). Ergo $x = u$ (§. 87 *Arithm.*): *Quod erat alterum.*

3. $x + o = 180°$ (§. 148). Sed $x = u$ (*per num. 2*). Ergo $u + o = 180°$ (§. 15 *Arithm.*). *Quod erat tertium.*

PROBLEMA 18.

234. *Datis duobus lateribus* AB & BC *cum angulo* A *uni eorum* BC *oppoſito, triangulum* ABC *conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. Ducta recta AB, in puncto A excitetur angulus dato æqualis (§. 208); factaque AB uni datorum laterum æquali, Tab. II. Fig. 41.
2. Ex B intervallo alterius lateris dati BC crus anguli AC interſecetur in C.
3. Puncta B & C connectantur recta (§. 121). Sic factum eſt, quod petebatur.
4. Quodſi BC < BA, bis ſecabit crus AC, adeoque conſtare debet, utrum triangulum ſit acutangulum, an obtuſangulum.

COROLLARIUM. 1.

235. Cum ex duobus lateribus atque angulo uni eorum oppoſito triangulum conſtrui poſſit, iis datis reliqui anguli & crus reliquum una determinantur. Quare ſi in duobus triangulis ejusdem ſpeciei ABC & *abc* fuerit AB = *ab*, BC = *bc* & A = *a*; erit etiam AC = *ac*, B = *b*, C = *c* & △ ABC = △ *abc*.

SCHOLION.

236. *In genere liquet, æqualia eſſe, quæ per æqualia determinantur ſeu, quod perinde eſt, figuras eſſe æquales, quæ ex æqualibus datis conſtruuntur. Unde non ſolum triangulorum, verum etiam reliquarum figurarum congruentia ex hoc principio demonſtrari poteſt.*

Digitized by Google

COROLLARIUM 2.

237. Quodſi in duobus triangulis ejusdem ſpeciei, veluti acutangulis, ABC & *abc* fuerit $A=a$ & $AB:BC=ab:bc$, triangula eodem modo determinantur (§.119), adeoque ſimilia ſunt (§. 120), conſequenter etiam $B=b$, $C=c$. $BC:CA=bc:ca$ & $CA:AB=ca:ab$ (§.175).

THEOREMA 39.

238. *Perpendicula* KH *&* GI *æquales parallelarum partes* KG *&* HI *intercipiunt.*

DEMONSTRATIO.

$KH=GI$ (§.230.226), $u=y$ (§.233) & $GH=GH$. Ergo $KG=HI$ (§.235). *Q. e. d.*

THEOREMA 40.

Tab. III. Fig. 61. 239. *Si trianguli cujuscunque* ACB *latus unum* AC *continuetur in* D; *erit angulus externus* DCA *æqualis duobus internis oppoſitis* y *& z ſimul ſumtis.*

DEMONSTRATIO.

Ducatur CE baſi AB parallela, erit $x=y$ & $o=z$ (§. 233), conſequenter $x+o=y+z$ (§.88 *Arithm.*). *Q. e. d.*

THEOREMA 41.

Tab. III. Fig. 61. 240. *In quovis triangulo* ACB *tres anguli* y, u, z *juncti ſumti ſunt æquales duobus rectis ſeu* 180°.

DEMONSTRATIO.

Nam $o+x=y+z$ (§.239). Ergo $o+x+u=y+z+u$ (§.88 *Arithm.*) Sed $o+x+u=180°$ (§.147): ergo $y+z+u=180°$ (§.87 *Arithm.*). *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

241. In triangulo igitur rectangulo MKL duo anguli obliqui M & L junctim ſumti efficiunt rectum ſeu 90°, adeoque ſemirecti ſunt, ſi fuerit æquicrurum (§. 184). Tab. I. Fig. 19.

COROLLARIUM 2.

242. Si unus angulus eſt obtuſus, duo reliqui ſimul ſumti ſunt recto minores (§. 66).

COROLLARIUM 3.

243. In triangulo æquilatero ACB quilibet angulus eſt 60°, nimirum 180:3 (§.186). Tab. I. Fig. 16.

COROLLARIUM 4.

244. Cum itaque in triangulo rectangulo neceſſario angulus unus ſit rectus (§.91); triangulum rectangulum æquilaterum eſſe nequit.

COROLLARIUM 5.

245. Si unus trianguli angulus ex 180° ſubtrahitur, ſumma duorum reliquorum relinquitur; &, ſi ſumma duorum ex 180° aufertur, reſiduus fit tertius.

COROLLARIUM 6.

246. Si duo anguli unius trianguli æquentur duobus alterius ſive ſigillatim, ſive junctim; etiam tertius unius æqualis eſt tertio alterius (§. 91 *Arithm.*).

COROLLARIUM 7.

247. In quovis triangulo anguli ad baſin *y* & *z* junctim ſumti ſunt duobus rectis minores. Tab. III. Fig. 61.

COROLLARIUM 8.

248. Quoniam in triangulo æquicruro DFE

Digitized by Google

Tab. I. Fig. 17. ro DFE anguli ad baſin y & u æquales ſunt (§. 184), ſi angulus ad verticem F ſubtrahitur a 180° & reſiduum biſecatur, unus angulorum æqualium y vel u prodit. Similiter ſi duplum anguli unius ad baſin y a 180° ſubtrahitur, angulus ad verticem F relinquitur.

PROBLEMA 19.

Tab. III. Fig. 62. 249. *In extremitate F lineæ FG perpendicularem FH excitare.*

RESOLUTIO.

1. Super FG conſtruatur △ æquilaterum FIG (§. 189).
2. Producatur GI in H (§. 121), donec fiat HI = GI.
3. Ducatur recta HF (§. 121): quæ erit ad FG perpendicularis.

DEMONSTRATIO.

Quoniam △ FIG eſt æquilaterum, *per conſtr.* $o=60^\circ$ & $u=60^\circ$ (§. 243). Ergo $y=120^\circ$ (§. 234), conſequenter ob FI = HI *per conſtr.* $x=30^\circ$ (§. 248). Cum adeo $x+o=90^\circ$; angulus ad F rectus (§. 144) & HF ad FG perpendicularis eſt (§. 78). *Q. e. d.*

THEOREMA 42.

Tab. III. Fig. 63. 250. *Si recta DE ſecet rectam AB in C; non alibi eandem denuo ſecabit.*

DEMONSTRATIO.

Occurrat enim, ſi fieri poteſt, recta DE alteri AB in alio adhuc puncto, e. gr. in A: erunt rectæ ADCE puncta duo A & C in recta altera AB, conſequenter recta ADCE tota ſupra AB cadit (§. 170) atque adeo eam non ſecat (§. 50): quod cum hypotheſi repugnet, DE non alibi, quam in C, ipſam AB ſecare poteſt. *Q. e. d.*

THEOREMA 43.

Tab. II. Fig. 41. 251. *Si in duobus triangulis* ABC & abc *fuerit* AB = ab, A = a & B = b; *erit etiam* AC = ac, BC = bc, C = c & △ ACB = ≅ △ acb.

DEMONSTRATIO.

Concipiamus △ *abc* poni ſupra alterum ABC, ita ut punctum *a* ſuper A & recta *ab* ſuper AB cadat. Quoniam *ab* = AB, *a* = A & *b* = B, *per hypoth.* punctum *b* ſuper B (§. 169), recta *ac* ſuper AC & *bc* ſuper BC (§. 167), conſequenter *c* ſuper C (§. 250) cadit. Cum adeo △ *abc* alteri ABC congruat (§. 3); erit *ac* = AC, *bc* = BC, c = C (§. 177) & △ *abc* = &≅ △ ABC (§. 161). *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

252. Si in duobus triangulis ACB & *acb* fuerit A = *a*, B = *b* & BC = *bc*; erit etiam C = *c* (§. 246), conſequenter AC = *ac*, AB = *ab* & △ ACB = △ *acb* (§. 251).

THEOREMA 44.

Tab. II. Fig. 41. 253. *Si in triangulo DFE anguli ad baſin y & u æquales; triangulum eſt æquicrurum.*

DEMONSTRATIO.

Secet FG angulum F bifariam (§. 209); erit DF = FE (§. 252). Eſt ergo △ DFE æquicrurum (§. 89). *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

254. Si ergo tres anguli fuerint æquales; æquilaterum eſt (§. 88).

THEOREMA 45.

Tab. III. Fig. 60. 255. *Si duas lineas AB & CD ſecet transverſa EF in G & H, ita ut vel* 1. y = u; *vel* 2. x = u; *vel* 3. o + u = 180°; *erunt lineæ iſtæ inter ſe parallelæ.*

DEMONSTRATIO.

1. Demittantur ex H & G perpendiculares HK & GI (§. 212); erit K = I (§. 78. 145). Eſt vero & *y = u*, *per hypoth.* & HG = HG. Quare HK = GI (§. 252), conſequenter cum HK & GI ſint diſtantiæ linearum AB & CD (§. 225); lineæ AB & CD ſunt inter ſe parallelæ (§. 81). *Quod erat primum.*

2. *x = u per hypoth. x = y* (§. 156). Ergo y = u (§. 87 *Arithm.*), conſequenter AB & CD ſunt inter ſe parallelæ, *per num.* 1. *Quod erat ſecundum.*

3. o + u = 180°, *per hypoth.* Sed o + x = 180° (§. 147). Ergo u = x (§. 87 *Arithm.*), conſequenter AB & CD ſunt inter ſe parallelæ, *per num.* 2. *Quod erat tertium.*

THEOREMA 46.

256. *Si duæ lineæ EG & AB fuerint perpendiculares ad eandem tertiam HI: erunt inter ſe parallelæ.* Tab. III. Fig. 58.

DEMONSTRATIO.

Fiat AB = EG ducaturque recta KL; erit HI ipſi KL parallela (§. 81), conſequenter EB = GA (§. 238), Quare cum etiam ſit GB = GB; erit y = u (§. 204), conſequenter EG ipſi AB parallela (§. 255.) *Q. e. d.*

THEOREMA 47.

257. *Parallelæ DF & GA inter eaſdem parallelas FA & DG ſunt æquales. Et contra ſi DF & GA fuerint parallelæ & æquales; erit etiam FA ipſi DG parallela & æqualis.* Tab. III. Fig. 64.

DEMONSTRATIO.

Ducatur recta DA (§. 121): erit *x = y* & *o = u* (§. 233). Quare cum AD = AD, erit DF = GA (§. 251). *Quod erat unum.*

DF = AG, *per hypoth.* & cum eædem lineæ ſint parallelæ *per hypoth. o = u* (§. 233). Quare cum etiam ſit DA = DA, erit *x = y* (§. 179), conſequenter FA ipſi DG parallela (§. 255), adeoque etiam æqualis *per num.* 1. *Quod erat alterum.*

PRO-

Digitized by Google

PROBLEMA 20.

Tab. III. Fig. 65. 258. *Per datum punctum V parallelam rectæ RS ducere.*

RESOLUTIO.

I. In charta

1. Ex V demittatur perpendicularis IK (§.216).
2. Ex puncto quolibet T erigatur perpendicularis TA = KV (§.212).
3. Per V & A ducatur recta MN, quæ erit ipſi RS parallela (§. 81).

Aliter.

1. Regula ad rectam RS applicetur & circinus intervallo VK aperiatur.
2. Crus unum circini juxta ductum regulæ ab R verſus S promoveatur.

Ita crus alterum per V parallelam ipſi RS deſcribet (§. 81.)

Aliter.

1. Per datum punctum V ducatur utcunque recta RG.
2. In V fiat o = x (§.208).

Erit VN ſeu MN parallela ipſi RS (§.255).

Aliter.

Tab. III. Fig. 66. Ex modo præcedente enatus eſt ſequens.

1. Triangulum rectangulum AVN ex ligno ebenino aut alio Indico paratum ita applicetur ad rectam RS, ut baſis ejus VN parti ipſius congruat.
2. Hypothenuſæ ejusdem Trianguli AV applicetur regula RG, quæ altera manu in hoc ſitu immota detineatur.
3. Triangulum AVN juxta ductum regulæ promoveatur, donec baſis punctum V attingat.

Erit enim in quovis ſitu baſis VN ob y = x ipſi RS parallela (§. 255.) *Q. e. d.*

Aliter.

Utimur interdum *Parallelismo*, ex duabus regulis ligneis potius, quam orichalceis (§.122) AB & CD compoſito, quæ ejusdem ubique latitudinis retinaculis EF & GH inter ſe æqualibus ita conjunguntur, ut retinacula intervallis æqualibus EG & FH a ſe invicem diſtent, ipſæ autem regulæ variis intervallis diduci queant. Nimirum Tab. III. Fig. 67.

1. Regula una debite applicetur ad rectam RS.
2. Altera ad datum punctum V adducatur &
3. Juxta hujus ductum recta AB per V ducatur: quæ erit ipſi RS parallela.

DEMONSTRATIO.

Ducatur obliqua linea EH (§. 121). Quoniam EG = FH, EF = GH per

per conſtr. & EH = EH, erit $o = u$ (*§*.204) adeoque FH parallela ipſi EG (§.255). Sed AB ipſi EG & RS ipſi FH parallela, *per conſtr.* Ergo AB parallela ipſi RS (*§*.232) *Q.e.d.*

Tab. III. Fig. 68. II. In campo

Commode utimur modo primo antecedentium, vel

1. In puncto quolibet K defigatur baculus cum aliis in R & S defixis in eadem recta (*§*.125).
2. Ad V fiat $o = x$ (*§*.208).

Erit MU, quæ facile produci poteſt in N (*§*.125), ipſi RS parallela (*§*.255).

Aliter.

Tab. III. Fig. 68.

1. In punctis K & T defigantur baculi cum aliis in R & S defixis in eadem recta (*§*.125).
2. Fiat $u = x$ (*§*.208) & TA = VK.
3. In M & N defigantur baculi cum aliis in V & A defixis in eadem recta (*§*.125).

Erit MN parallela ipſi RS.

DEMONSTRATIO.

Quoniam $x = u$ *per conſtr.* erit TA parallela ipſi KV (*§*.255), conſequenter $z = y$ (§.233). Eſt vero etiam TA = KV, *per conſtruct.* & TV = TV. Ergo $m = n$ (*§*.179), conſequenter MN parallela ipſi RS (§.255). *Q.e.d.*

SCHOLION.

259. Si parallelismis crebro utaris, retinacula continuo affrictu nimis efforantur & a rectitudine cito recedunt ipſi parallelismi. Huic malo præſens remedium attulit Jacobus Leupoldus, *artifex inſignis, qui retinacula ex geminis lamellis orichalceis elaſticis, in medio firmiter connexis, & capita clavorum, quibus regulis affiguntur, conica parare ſolet. Notum vero eſt, orichalcum ad elaſticitatem usque vehementi contuſione indurari.*

THEOREMA 48.

260. Per idem punctum C eidem rectæ DE parallela nonniſi unica AB duci poteſt. Tab. III. Fig. 69.

DEMONSTRATIO.

Ducatur enim, ſi fieri poteſt, adhuc alia HG, priorem ſecans in C, cujus adeo pars GC efficit cum parte alterius CB angulum BCG. Ex I erigatur perpendicularis IL (*§*.212); erit tum IK ad CG, tum IL ad CB perpendicularis (*§*.230), conſequenter anguli CKL (§.214) & CLK recti (*§*.78): quod cum ſit abſurdum (§.218), per C nonniſi AB ipſi DE parallela duci poteſt. *Q.e.d.*

Aliter.

Angulus NCH = NQD & NCA = NQD (*§*.233). Ergo NCH = NCA (*§*.87 *Arithm.*): quod cum ſit

ſit abſurdum (§. 84 *Arithm.*), HG & AB non ſunt ſimul ipſi DE parallelæ. *Q. e. d.*

THEOREMA 49.

Tab. III. Fig. 69. 261. *Si recta NO ſecet duas rectas alias HG & DE in C & Q ita ut duo anguli interni oppoſiti HCO & DQN fuerint ſimul ſumti duobus rectis majores; lineæ HG & DE verſus eam plagam divergunt.*

DEMONSTRATIO.

Ducatur ACB parallela ipſi DE per C (§. 258); tum angulus ACO cum angulo DQN efficiet duos rectos (§. 233). Sed HCO & DQN ſimul ſunt duobus rectis majores, *per hypoth.* Ergo HCO > ACO (§. 90 *Arithm.*), conſequenter AC intra ſpatium HCQD cadit. Erigatur perpendicularis PS (§. 212): erit PR = CF (§. 226), conſequenter PS > PR (§. 84 *Arithm.*) > CF (§. 89 *Arithm.*). Diſtantiæ igitur rectarum HC & DQ verſus H & D creſcunt (§. 225), adeoque lineæ HC & DQ verſus eam plagam divergunt (§. 84). *Q. e. d.*

THEOREMA 50.

Tab. III. Fig. 69. 262. *Si duas rectas HG & DE ſecet transverſa NO in C & Q, ita ut Anguli GCO & EQN ſimul ſumti ſint duobus rectis minores; lineæ CG & QE verſus eam plagam convergunt.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam CG ipſi QE parallela eſſe nequit (§. 233), ducatur AB parallela ipſi DE per C (§. 258): tum angulus BCQ cum angulo EQN efficiet duos rectos (§. 233). Sed GCO & EQN ſimul ſumti ſunt duobus rectis minores *per hypoth.* Ergo GCO < BCQ, (§. 90 *Arithm.*), conſequenter CB extra ſpatium GCQE cadit. Demittantur perpendiculares LI & CF (§. 216); erit CF = IL (§. 226), conſequenter IK < IL (§. 84 *Arithm.*) < CF (§. 89 *Arith.*). Diſtantiæ igitur rectarum CG & QE decreſcunt verſus G & E (§. 225), adeoque lineæ CG & QE verſus eam plagam convergunt (§. 83). *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

263. Si anguli GCQ & EQN ſimul ſumti fuerint duobus rectis minores; erunt ipſi deinceps poſiti duobus rectis majores (§. 147). Quare lineæ, quæ verſus unam plagam convergunt (§. 262), verſus oppoſitam divergunt (§. 261).

PROBLEMA 21.

264. *Datis recta AB & angulis adjacentibus, A & B, qui junctim ſumti* Tab. I. Fig. 18.

ſumti duobus rectis minores ſunt, triangulum ABC deſcribere.

DEMONSTRATIO.

1. Ad datam rectam AB excitentur anguli dati A & B (§. 155).
2. Crura AC & BC continuentur, donec ſibi mutuo occurrant in C (§. 250. 262). ABC triangulum erit deſideratum.

COROLLARIUM 1.

265. Data ergo linea una datisque duobus angulis, triangulum determinatur.

COROLLARIUM 2.

266. Quare ſi in duobus triangulis fiat $A = a$ & $B = b$; triangula eodem modo determinantur (§. 119), adeoque ſimilia ſunt (§. 120).

Tab. II. Fig. 41.

COROLLARIUM 3.

267. Si in duobus triangulis fuerit $A = a$ & $B = b$; conſequenter in rectangulis unus obliquorum in uno æqualis uni in altero (§. 145); erit etiam $C = c$ (§. 146), hoc eſt, ΔΔ ACB & *acb* ſibi mutuo æquiangula (§. 109). Quare ΔΔ ſibi mutuo æquiangula ſimilia ſunt (§. 296) & hinc latera homologa ſeu æqualibus angulis oppoſita proportionalia habent (§. 175).

THEOREMA 51.

268. *Si in Triangulo ABC recta DE baſi AC parallela ducatur, ſegmenta crurum cruribus proportionalia ſunt, hoc eſt, BA : BC = BD : BE = AD : EC & BA : AC = BD : DE, atque Δ BDE ∽ Δ BAC.*

Tab. III. Fig. 70.

DEMONSTRATIO.

Quoniam DE parallela ipſi AC, erit $x = y$ & $u = o$ (§. 233), adeoque Δ BDE ∽ Δ BAC & BA : BC = BD : BE & BA : AC = BD : DE (§. 267). Ergo & BA : BD = BC : BE (§. 173 *Arithm.*) conſequenter AD : BD = EC : BE (§. 193 *Arithm.*) ſeu BD : AD = BE : EC (§. 169 *Arithm.*), vel denique BD : BE = AD : EC (§. 173 *Arithm.*) *Q. e. d.*

THEOREMA 52.

269. *Recta FH angulum GFE bifariam ſecans baſin GE cruribus adjacentibus EF & GF proportionaliter ſecat.*

Tab. III. Fig. 71.

DEMONSTRATIO.

Producatur EF in I (§. 21), donec fiat FI = GF, erit $o + x = y + u$ (§. 239). Sed $o = x$ *per hypoth.* & $y = u$ (§. 184), adeoque $2y = 2o$ (§. 15 *Arithm.*). Ergo $o = y$ (§. 94 *Arithm.*); conſequenter HF ipſi GI parallela (§. 255). Quare EF : EH = FI : GH (§. 268) = GF : GH (§. 168 *Arithm.*). *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

270. Eſt ergo & EF : GF = EH : GH (§. 173 *Arithm.*), conſequenter EF + FG : EF = GE : EH (§. 190 *Arithm.*) ſeu EF + FG : GE = EF : EH (§. 173 *Arithm.*) hoc eſt, ut ſumma crurum ad baſin integram, ita crus unum ad ſegmentum hujus adjacens. *Q. e. d.*

PRO-

Digitized by Google

Tab. III. Fig. 72.

PROBLEMA 22.

271. *Datis tribus lineis* AB, AC *&* BD, *invenire quartam proportionalem.*

RESOLUTIO.

1. Ducatur angulus non nimis acutus FAG pro arbitrio.
2. Ex A in B transferatur linearum datarum prima; ex A in C altera; ex B in D tertia.
3. Ducatur recta BC (§. 121).
4. In D conſtituatur angulus ipſi ABC æqualis (§. 208).

Dico, eſſe AB : AC = BD : CE.

DEMONSTRATIO.

Quoniam o = x, *per conſtr.* erit BC ipſi DE parallela (§. 255). Quamobrem AB : AC = BD : CE (§. 268). *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

272. Quodſi duabus lineis AB & AC datis tertia inveniri debet; etiam BD ipſi AC æqualis fieri, hoc eſt, AC bis poni debet. Erit nimirum AB : AC = AC : CE.

COROLLARIUM 2.

273. Si DB ſumatur pro unitate; reſpondebit CE exponenti rationis AC : AB (§. 140 *Arithm.*).

Tab. IV. Fig. 73.

PROBLEMA 23.

274. *Datam rectam* AB *in quotcunque partes æquales dividere.*

RESOLUTIO.

1. Ex recta CD pro arbitrio aſſumta reſecentur tot partes æquales, in quot data AB dividenda, e. gr. 5.
2. Super harum partium intervallo conſtruatur triangulum æquilaterum CED (§. 198).
3. Ex E in *a* transferatur recta AB, itidemque ex E in b.
4. Ducatur recta ab: ducantur itidem aliæ ex E in 1. 2. 3. &c.

Dico eſſe *ab* = AB, *a*1 = ⅓ AB, *a*2 = ⅕ AB &c.

DEMONSTRATIO.

Quoniam E *a* = E *b* & EC = ED, *per conſtruct.* erit E *a* : E *b* = EC : ED. (§. 168 *Arithm.*). Quare cum angulus E utrique triangulo ECD & E *ab* communis ſit: erit EC : CD = E *a* : *ab* & *o* = *x* (§. 183). Sed EC = CD, *per conſtruct.* Ergo E *a* = *ab* (§. 151 *Arithm.*). *Quod erat unum.*

Quoniam *o* = *x*, *per demonſtr.* erit *a*1 parallela ipſi C 1 (§. 255), conſequenter EC : C1 = E a : a1 (§. 268), hoc eſt, ob EC = CD, *per conſtruct.* & E a = a b, *per demonſtr.* CD : C1 = *a b* : *a*1 (§. 168 *Arithm.*). Sed C1 = ⅕ CD, *per conſtruct.* Ergo *a*1 = ⅕ a b (§. 151 *Arithm.*) *Quod erat alterum.*

X 2 Eodem

Digitized by Google

Eodem modo oſtenditur, eſſe a 2 = $\frac{1}{3}$ AB, conſequenter 1. 2 = $\frac{1}{3}$ AB, & ita porro.

COROLLARIUM.

Tab. IV. Fig. 74. 275. Quodſi ergo CD fuerit utcunque diviſa in 1 & 2; eodem modo recta *ab* ſecabitur in eadem ratione. Eſt nempe CD : C 1 = *ab* : *a* 1, CD : C 2 = *ab* : *a* 2 &c. (§. 274).

SCHOLION.

276. *Corollarii hujus uſus ampliſſimus eſt in architectura tam civili, quam militari, præſertim ubi ichnographia vel amplianda, vel contrahenda.*

PROBLEMA 24.

Tab. IV. Fig. 75. 277. *Scalam Geometricam conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. Ducatur recta AF & in eam transferantur partes 10 æquales B 1, 1. 2, 2. 3, 3. 4 &c. intervallum vero 10 partium AB totidem ex B in E, ex E in F &c. quoties libuerit.
2. In A excitetur perpendicularis AC, arbitrariæ longitudinis, in partes 10 æquales diviſa (§. 249).
3. Per puncta diviſionum 1. 2. 3. 4. 5 &c. agantur parallelæ cum AF (§. 258).
4. In ultimam CD transferantur partes 10 partibus ipſius A B æquales.
5. Tandem puncta 10 & 9, 9 & 8, 8 & 7 &c. lineis transverſis connectantur (§. 121).

Dico, ſi AB fuerit decempeda, fore B 1, 1. 2, 2. 3, 3. 4 &c. pedes, 9. 9 digitum unum, 8. 8 digitos duos, 7. 7 tres, 6. 6 quatuor &c.

DEMONSTRATIO.

B 1 = 1. 2 = 2. 3 &c. = $\frac{1}{10}$ AB, *per conſtruct.* Sed pes eſt decempedæ pars decima (§. 25). Ergo cum AB ſit decempeda, *per hypoth.* erunt B 1, 1. 2, 2. 3 &c. pedes. *Quod erat unum.*

Porro quia 9. 9 eſt parallela ipſi A 9, *per conſtruct.* C. 9 : CA = 9. 9 : A 9 (§. 268). Sed C 9 = $\frac{1}{10}$ CA, *per conſtruct.* Ergo 9. 9 = $\frac{1}{10}$ A 9 (§. 151 *Arithm.*). Quare cum A 9 ſit pes, *per demonſtr.* erit 9. 9 digitus (§. 25). Eodem modo oſtenditur eſſe 8. 8 duos, 7. 7 tres &c. digitos. *Quod erat alterum.*

SCHOLION.

278 *Quemadmodum hic linea exigua A 9 in 10 partes æquales dividitur; ita eadem in quotcunque alias eodem artificio dividi poteſt. Neque opus eſt, ut angulus A ſit rectus; ſed idem obliquus eſſe poteſt.*

COROLLARIUM.

279. Quodſi ergo circini crus unum collocatur in I & alterum in K, erit intervallum IK = 1° 4′ 5″ & ita porro.

CO-

PROBLEMA 25.

Tab. IV. Fig. 76. 280. *Invenire diſtantiam duorum locorum AB, quorum unus B tantum accedi poteſt.*

RESOLUTIO.

1. Baculo ad arbitrium in E defixo, recta BE transferatur ex E in C, ita ut baculus in C defixus ſit cum E & B in eadem recta (§. 125).
2. In C conſtituatur angulus ECF ipſi B æqualis (§. 208).
3. Tandem ex C progrediendum verſus D, donec baculus in D defixus ſit cum F & C, itemque cum E & A in eadem recta (§. 125).

Dico eſſe DC = BA.

DEMONSTRATIO.

Nam BE = EC, o = x, *per conſtruct.* & y = u (§. 156). Ergo AB = DC (§. 251). *Q. e. d.*

Aliter.

Tab. IV. Fig. 77.

1. Defigatur baculus in I cum B & A in eadem recta (§. 125), itidemque alius utcunque in K.
2. Ex K in L transferatur IK, in M vero KB.
3. Denique ex K progrediendum in N, donec baculus ibi defixus ſit cum M & L, itidemque cum K & A in eadem recta (§. 125).

Dico eſſe MN = BA.

DEMONSTRATIO.

BK = KM & IK = KL, *per conſtruct.* o = u, (§. 156). Ergo IB = ML & y = x (§. 179). Quare cum ſit o + m = u + n (§. 156), & IK = KL *per conſtr.* erit IA = NL (§. 251), conſequenter AB = NM (§. 91 *Arith.*) *Q. e. d.*

Aliter.

1. Menſula Geometrica in C collocata per dioptras collineetur in A & B, ducanturque rectæ *ac* & *cb*. Tab. IV. Fig. 78.
2. Quæratur diſtantia ſtationis a loco acceſſo AC (§. 126) &
3. Ex ſcala Geometrica in *a c* transferatur (§. 277).
4. Translocetur menſula in A, ita ut punctum *a* ipſi A immineat & per dioptras regulæ ad *a c* applicatæ baculus in prima ſtatione C defixus conſpiciatur.
5. Mox collineatio in B fiat, ducaturque *a b*.
6. Denique in Scala Geometrica capiatur intervallum ipſius *ab* (§. 277).

Ita diſtantia quæſita AB innoteſcet.

DEMONSTRATIO.

Quoniam *c* = C & *a* = A (*per conſtruct.* & §. 167), erit *ac* : *ab* = AC : AB (§. 267), hoc eſt, iidem

 numeri

numeri rationes *ac* : *ab* & AC : AB indigitant (§. 149 *Arithm.*) *Q. e. d.*

Aliter.

Tab. IV. Fig. 78. 1. Baculo in C defixo inveſtigetur quantitas angulorum A & C (§. 152), itemque longitudo ipſius AC (§. 126).

2. Ope inſtrumenti transportatorii & ſcalæ Geometricæ conſtruatur triangulum *acb* (§. 264).

3. Ad ſcalam Geometricam applicetur recta *ab* (§. 277).

Ita diſtantia AB innoteſcet.

DEMONSTRATIO.

Eadem eſt, quæ proxime præcedens.

PROBLEMA 26.

281. *Metiri diſtantiam duorum locorum inacceſſorum* AB.

RESOLUTIO.

Tab. IV. Fig. 76. Sine inſtrumentis tædioſior eſt problematis reſolutio, quam ut commendari poſſit. Cui tamen volupe fuerit eandem experiri, is

1. Statione in E aſſumta rectas BE & AE inveniat (§. 280).
2. His datis reperiet DC ipſi BA æqualem (§. 194).

Aliter.

Tab. IV. Fig. 79. 1. Duabus ſtationibus in C & D electis in prima C collocetur menſula & per dioptras collineetur in D, B & A, ducanturque juxta regulæ, cui affiguntur, ductum rectæ *cd*, *cb*, *ca*.

2. Quæratur diſtantia ſtationum CD (§. 126) &
3. Ex ſcala Geometrica transferatur in *cd* (§. 279).
4. Baculo in C defixo menſula collocetur in D ea lege, ut punctum *d* ipſi D, hoc eſt puncto, in quo defigebatur ante baculus, immineat & per dioptras regulæ ad *cd* applicatæ reſpicienti baculus in C occurrat.
5. Hinc porro collineatio fiat in A & B ducanturque rectæ *da* & *db*.
6. Tandem diſtantia punctorum *a* & *b* inveſtigetur in ſcala Geometrica (§. 279).

Dico eſſe *cd* : *ab* = CD : AB.

DEMONSTRATIO.

Eſt enim *cdb* = CDB & *bcd* = BCD (*per conſtruct.* & §. 167). Ergo *dc* : *cb* = DC : CB (§. 267). Similiter cum ſit acd = ACD & adc = ADC (*per conſtruct.* & §. 167), erit *dc* : *ac* = DC : AC, adeoque *bc* : *ac* = BC : AC (§. 196 *Arithm.*), conſequenter ob *acb* = ACB (*per conſtruct.* & §. 167) *ac* : *ab* = AC : AB (§. 183) & ob *dc* : *ac* = DC : AC *per demonſtr.* *dc* : *ab* = DC : AB (§. 197 *Arithm.*). *Q. e. d.*

Aliter.

Digitized by Google

Aliter.

Tab. IV. Fig. 80.

1. Electis duabus ſtationibus C & D inveſtigetur quantitas angulorum *y* & *x*, item *z* & *w* (§. 152), quorum ſummæ dant angulos C & D (§. 86 *Arithm.*).
2. Quæratur porro diſtantia ſtationum CD (§. 126) &
3. Ducatur in charta linea recta, in quam ex ſcala Geometrica transferatur recta *cd* ipſi CD reſpondens (§. 279).
4. Super ea ope angulorum *x* & D conſtruatur triangulum *bcd* & ope angulorum *z* & C alterum *acd* (§. 264).
5. Tandem in ſcala Geometrica inveſtigetur diſtantia punctorum *a* & *b* (§. 279).

Dico eſſe *ab*:*cd* AB:CD.

DEMONSTRATIO.

Eadem eſt cum proxime præcedente.

SCHOLION 1.

281. *Levi attentione patet, non abſimili methodo ex duabus ſtationibus reperiri diſtantias plurium locorum.*

SCHOLION 2.

Tab. IV. Fig. 81.

283. *Nec minus manifeſtum eſt, menſula ſitum in iſtiusmodi operationibus horizontalem eſſe debere: id quod obtinetur ope perpendiculi Q.*

PROBLEMA 27.

284. *Altitudinem acceſſam* AB *metiri.*

RESOLUTIO.

Tab. V. Fig. 82.

1. Baculus DE tantæ longitudinis ſumatur, ut terræ perpendiculariter infixus altitudinem oculi adæquet.
2. Humi proſtratus baculum ad calces pedum perpendiculariter terræ infigi cura (§. 121).
3. Quodſi contingat, ut E & B ſint cum oculo C in eadem recta; erit CA = AB; ſin punctum inferius F cum E & oculo in eadem recta fuerit, propius cum baculo ad altitudinem AB provolvaris opus eſt; ſin punctum ſuperius, procul recedendum, donec prædicta conditio adimpleatur.
4. Tandem diſtantiam oculi C ab altitudine AB metiaris neceſſe eſt (§. 126).

Dico eſſe CA = AB.

DEMONTSRATIO.

Quoniam enim AB (§. 227) & ED *per conſtruct.* ad AC perpendiculares; inter ſe parallelæ ſunt (§. 256), adeoque CD : DE = CA : AB (§. 268) Sed CD = DE, *per hypoth.* Ergo CA = AB (§. 149 *Arithm.*). *Q. e. d.*

Aliter.

Tab. V. Fig. 83.

1. In diſtantia plurium e. gr. 30, 40 & amplius pedum defigatur per-

perpendiculariter baculus DE & aliquo hinc intervallo in C alius minor, ita ut cum oculo in F conſtituto E & B ſint in eadem recta.

2. Inveſtigetur diſtantia baculorum GF & baculi minoris ab altitudine quæſita HF, itemque differentia altitudinum baculorum GE (§. 126).

3. Quæratur ad GF, GE & HF quarta proportionalis BH (§. 302 *Arithm.*).

4. Huic addatur altitudo baculi minoris FC vel pars AH.

Dico ſummam eſſe altitudinem AB.

E. gr. Sit HF = 48′, GF = 20′, GE = 16′, FC = 5″.

$$\begin{array}{ccccc} 20 - 16 - 48 & 5) \; 192 \; (38\tfrac{2}{5} = BH \\ 5 \quad 4 \quad 4 & 15 \quad\quad 5 = FC \\ \hline 192 & 42 \quad 43\tfrac{2}{5} = AB \\ & \underline{40} \\ & 2 \end{array}$$

DEMONSTRATIO.

Cum HF ipſi AC parallela ſupponatur, ſintque BA (§. 27) & ED *per conſtr.* ad AC perpendiculares; erunt eædem perpendiculares ad HF (§. 230) adeoque GE & BH parallelæ (§. 256), conſequenter GF : GE = HF : AB (§. 268). *Quod erat unum.*

Porro cum HA & FC ſint perpendiculares inter eaſdem parallelas HF & AC (*per conſtr.* & §. 227); erit FC = HA (§. 226). Quare BH + FC = BH + HA (§. 88 *Arithm.*) = BA (§. 86 *Arithm.*). *Q. e. d.*

Aliter.

1. Menſula in D verticaliter erigatur, ita ut latus ipſius FE ſit horizonti parallelum: id quod obtinetur ope perpendiculi Q. Tab. V. Fig. 84. Tab. IV. Fig. 81.

2. Ducatur recta *ef* lateri menſulæ parallela, & regula cum dioptris ad hanc applicata vertatur menſula, donec collineatio in altitudinem quæſitam fiat.

3. Circa punctum *e* vertatur regula, donec oculo per dioptras tranſpicienti apex altitudinis A occurrat, ducaturque recta *eb*.

4. Quæratur diſtantia ſtationis ab altitudine *e*C (§. 126) &

5. Ex Scala Geometrica minore transferatur ex *e* in *c* (§. 279):

6. Ex *c* erigatur perpendiculum *bc* (§. 212), quod

7. Ad Scalam Geometricam applicatum (§. 279) partem altitudinis AC manifeſtat.

8. Addatur altitudo BC.

Dico, ſummam eſſe altitudinem AB.

DE-

DEMONSTRATIO.

Quoniam AC perpendicularis ad BD (§. 227) & Ce ipſi BD parallela *per conſtr.* erit eadem AC perpendicularis ad CE (§. 230). Sed ad eandem etiam *bc* perpendicularis, *per conſtr.* Ergo *bc* ipſi AC parallela (§. 256), conſequenter *ec:cb*=EC:CA (§. 268).

Aliter.

1. Inveſtigetur quantitas anguli e (§. 152) & diſtantia ſtationis eC (§. 126).
2. Super *ec* in Scala Geometrica minore aſſumta (§. 279) conſtruatur triangulum ad *c* rectangulum *cbe* (§. 264).
3. Reliqua fiant ut ante.

DEMONSTRATIO.

Eſt enim *c*=C & *e*=E, *per conſtruct.* Ergo *ec:cb*=EC:CB (§. 267). *Q.e.d.*

SCHOLION.

285. *In omnibus iſtis reſolutionibus ſupponitur planities perfecte horizontalis: qua cum rariſſime in praxi occurrat, ſi notabilis fuerit declivitas, non tam inſtrumenti altitudo, quam ipſa CB addenda, in altitudine acceſſa facile inveſtiganda. Neceſſe etiam eſt, ut baculi, quantum fieri poteſt, axactiſſime ad horizontem perpendiculariter infigantur & in inſtrumentis praſcripta ratione collocandis cura maxima adhibeatur: imo altitudo BC eodem modo inveſtigari poteſt, quo ipſam AC invenimus.*

PROBLEMA 28.

286. *Altitudinem inacceſſam AB metiri.* Tab. V. Fig. 83.

RESOLUTIO.

Sine inſtrumentis prolixa eſt operatio. Nimirum

1. Diſtantia ſtationis CA vel FH quæritur per problema 25 (§. 280).
2. Reliqua fiunt, ut in problemate præcedente (§. 284.).

Aliter.

1. Statione in D electa menſula collocetur ut in problemate præcedente (§. 284). Tab. V. Fig. 85.
2. Ducantur ut ibidem rectæ *ef* & *af*. n. 2.
3. Baculi in G defixi, ut ſit in recta *f*C, quæratur diſtantia a puncto *f* (§. 126) &
4. Ex ſcala Geometrica transferatur in *fe* (§. 279).
5. Sub puncto *f* in D defigatur baculus & menſula ita collocetur in G, ut punctum *e* ipſi G immineat & per dioptras regulæ ad *cf* applicatæ reſpicienti baculus in D occurrat.
6. Vertatur regula circa punctum *e*, donec per dioptras proſpiciens

Digitized by Google

ens apicem A videat, ducaturque recta *ea*.

7. Ex puncto *a* demittatur *ac* ad *fc* perpendicularis (§. 216): quæ

8. Ad Scalam Geometricam (§. 279) applicata prodit altitudinem AC.

9. Quodſi puncta B, E, D fuerint in eadem recta, addatur altitudo puncti *f* ut habeatur AB; ſin minus, regula circa *e* vertatur, donec per dioptras deſpiciens videat B, ducatur *eb*, perpendiculum *ac* continuetur, donec ipſi *eb* in *b* occurrat. Etenim *ab* in Scalam Geometricam translata manifeſtabit AB.

Tab. V. Fig. 85. n. 2.

DEMONSTRATIO.

In △△ enim *fea* & F e A eſt angulus a fe = AFC & *aef* = A e F *per conſtruct.* Ergo *fe*:*ea* = Fe: eA (§. 267). Porro AC & *ac* perpendiculares ad FC (per §. 227 & *conſtr.*) adeoque inter ſe parallelæ (§. 256). Quare ae: ac = Ae: AC (§. 268), conſequenter *fe*:*ac* = Fe: AC (§. 194 *Arithm.*). *Quod erat unum.*

Quoniam *ab* parallela ipſi AB *per demonſtrata*: erit *ac*:*ab* = Ae: AB (§. 268), conſequenter *fe*:*ab* = Fe: AB (*per demonſtr.* & §. 194 *Arithm.*). *Quod erat alterum.*

Tab. V. Fig. 85.

Aliter.

1. Inveſtigetur quantitas anguli AFC in D & anguli AeC in G itemque CeB in eadem ſtatione G (§. 152).
2. Quæratur diſtantia Fe (§. 126).
3. Conſtruatur ex his datis juxta Scalam modicam triangulum a e f (§. 279).
4. Demittatur ex vertice *a* in baſin continuatam perpendicularis *ac* (§. 216) indefinite producenda.
5. Fiat angulus c e b ipſi CeB æqualis (§. 208) & producatur crus *eb*, donec perpendiculari *ab* in *b* occurrat (§. 21).

Dico eſſe *fc*:*ab* = FC: AB.

DEMONTSRATIO.

Coincidit cum præcedente.

CAPUT IV.
De
CIRCULI SYMPTOMATIS.

THEOREMA 53.

Tab. I. 287. *Circuli ſe intus tangentes ſunt eccentrici.*

DEMONSTRATIO.

Fig. 5.

Quoniam circulus unus alterum

Digitized by Google

rum intus tangit, *per hypoth.* ille totus intra hujus peripheriam continetur (§. 47). Quare ſi ex centro ejus C ducatur in peripheriam majoris recta CN (§. 121); ea peripheriam minoris in M ſecabit (§. 50), eritque adeo radius minoris CM pars ipſius CN (§. 9 *Arithm.*). Quodſi jam C ponatur centrum commune circulorum; erit CL = CM & CL = CN (§. 40), adeoque CM = CN (§. 87 *Arithm.*), quod cum ſit abſurdum (*per demonſtr. & §. 84 Arithm.*); circuli idem centrum habere nequeunt. Sunt ergo eccentrici (§. 44). *Q. e. d.*

Tab. V. Fig. 86.

THEOREMA 54.

288. *Duo circuli ſe mutuo ſecantes ſunt eccentrici.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam circulus x alterum z ſecat, *per hypoth.* pars illius intra hunc cadit (§. 53). Ducatur itaque ex C centro circuli x radius CB, qui continuatus ad peripheriam circuli z ſecabit peripheriam illius in B (§. 50) eritque CB pars ipſius CE (§. 9 *Arithm.*). Quodſi C ponatur centrum etiam circuli z; erit CB = AC & CE = AC (§. 40), adeoque CB = BE (§. 87 *Arithm.*). Quod cum ſit abſurdum (*per demonſtr. & §. 84 Arithm.*); circuli x & z idem centrum habere nequeunt. Sunt ergo eccentrici (§. 44). *Q. e. d.*

THEOREMA 55.

289. *In eodem vel in æqualibus circulis chordæ æquales AB & DE æquales arcus ſubtendunt: & contra.* Tab. V. Fig. 87.

DEMONSTRATIO.

Quoniam AB = DE *per hypoth.* BC = CE & AC = DC (§. 40); angulus ACB = DCE (§. 204), conſequenter arcus AB & DE, menſuræ angulorum ACB & DCE (§. 57), æquales ſunt (§. 142). *Quod erat primum.*

Arcus AB & DE æquales ſunt *per hypoth.* Sunt vero etiam iidem menſuræ angulorum ACB & DCE (§. 57): anguli igitur iſti æquales ſunt (§. 142). Quoniam porro BC = CE & AC = CD (§. 40); erit quoque AB = DE (§. 179). *Quod erat alterum.*

THEOREMA 56.

290. *Si in circulis inæqualibus arcus AB & ab fuerint ſimiles, chordæ cognomines ad ſuos radios AC & ac eandem rationem habent.* Tab. V. Fig. 87.

DEMONSTRATIO.

Quoniam arcus AB & *ab* ſimiles ſunt, *per hypoth.* iidemque menſuræ angulorum ACB & acb (§. 57); erit ACB = *acb* (§. 142).

 Eſt

Eſt vero AC:BC = *ac* : *bc* (§. 40 *Geom.* & §. 149 *Arithm.*). Ergo AB:BC = *ab* : *bc* (§. 183). *Q. e. d.*

THEOREMA 57.

Tab. V. Fig. 88. 291. *Radius CE chordam BA biſariam ſecans in D etiam arcum biſariam ſecat in E & ad chordam AB perpendicularis: & contra.*

DEMONSTRATIO.

AD = DB, *per hypoth.* AC = CB (§. 40) & DC = DC. Ergo *o* = *x* & *y* = *u* (§. 204), conſequenter CE ad AB perpendicularis in D (§. 79) & arcus AE atque EB, æqualium angulorum u & y menſuræ (§. 57), æquales ſunt (§. 142): *Quod erat primum.*

Sint arcus AE & EB æquales *per hypoth.* cum iidem ſint menſuræ angulorum u & y (§. 57); erit y = u (§. 142). Eſt vero etiam AC = CB (§. 40) & DC = DC. Ergo AD = DB & *o* = *x* (§. 179), conſequenter CD ad AB perpendicularis (§. 79). *Quod erat ſecundum.*

Sit denique radius CE perpendicularis ad chordam AB in D *per hypoth.* erit *o* = *x* (§. 79). Eſt vero etiam AC = CB (§. 40) & hinc *m* = *n* (§. 184), conſequenter *y* = *u* (§. 246). Quare arcus AE & EB æqualium angulorum u & y menſuræ (§. 57) æquales ſunt (§. 142) & AD = DB (§. 251). *Quod erat tertium.*

THEOREMA 58.

Tab. V. Fig. 88. 292. *Si recta NE chordam AB biſariam ſecet & ad eam perpendicularis fuerit; per centrum tranſit & tam arcum AEB, quam ANB biſariam ſecat.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam ND perpendicularis ad AB, *per hypoth.* erit *o* = *x* (§. 79). Eſt vero etiam AD = DB *per hypoth.* & ND = ND. Ergo AN = NB (§. 179), conſequenter arcus cognomines æquales ſunt (§. 289). Eodem modo oſtenditur, arcus AE & EB æquales eſſe. *Quod erat unum.*

Arcus AN = NB & AE = EB, *per demonſtr.* Ergo NA + AE = NB + BE (§. 88 *Arithm.*) conſequenter NE diameter circuli (§. 135), adeoque per centrum tranſit (§. 39). *Quod erat alterum.*

PROBLEMA 29.

293. *Datum arcum AB in duas partes æquales dividere.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Tab. V. Fig. 88. Ducatur ad punctum medium E chordæ AB perpendicularis NE (§. 210), hæc arcum AB biſariam ſecabit (§. 292). *Q. e. f. & d.*

pen-

Digitized by Google

Tab. V. Fig. 89.

PROBLEMA 30.

294. *Per data tria puncta non in directum jacentia A, B & C circulum deſcribere.*

RESOLUTIO.

1. Ex A & C fiant interſectiones in D & E, itemque aliæ duæ G & H ex C & B.
2. Ducantur rectæ DE & HG (§. 121).

Dico I eſſe centrum circuli per A, C & B deſcribendi (§. 131).

DEMONSTRATIO.

Puncta A, C & B ſunt in peripheria alicujus circuli, *per hypoth.* atque adeo rectæ AC & CB chordæ (§. 38). Sed ED ad AC, GH ad BC perpendicularis & ED ipſam AC, GH vero BC bifariam ſecat (§. 210). Ergo utraque per centrum tranſit (§. 292). Quare cum DE & GH tantum in I ſe mutuo ſecent (§. 250); erit I centrum circuli per puncta data A, C & B tranſeuntis. *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

295. Aſſumtis in peripheria vel arcu circuli tribus punctis, centrum inveniri datusque arcus perfici poteſt.

COROLLARIUM. 2.

296. Si tria puncta unius peripheriæ tribus punctis alterius congruant; peripheriæ totæ congruunt: atque adeo circuli æquales ſunt (§. 161).

COROLLARIUM 3.

297. Omne triangulum eſt circulo inſcriptibile (§. 116).

THEOREMA 59.

Tab. V. Fig. 87.

298. *In eodem vel æqualibus circulis chordæ æquales AB & DE a centro C æqualiter diſtant: & contra.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam FC & CG ſunt diſtantiæ chordarum AB & DE a centro C *per hypoth.* erunt ad chordas perpendiculares (§. 225): & hinc o & x recti (§. 78), adeoque æquales (§. 145). Porro cum AB=DE *per hypoth.* & CF ad AB perpendicularis *per demonſtrata* ipſam AB, CG vero perpendicularis ad DE *per demonſtrata* ipſam DE biſecet (§. 291); erit FA=DG (§. 177 *Arithm.*). Quare cum etiam ſit AC=CD (§. 40); erit CF = CG (§. 235). *Quod erat unum.*

Quodſi diſtantiæ FC & CG fuerint æquales, *per hypoth.* cum ſit *o=x per demonſtr.* & AC=CD (§. 40); erit AF=DG (§. 235). Sed AF=$\frac{1}{2}$AB & DG=$\frac{1}{2}$DE (§. 291). Ergo AB = DE (§. 177 *Arithm.*). *Quod erat alterum.*

THEOREMA 60.

Tab. I. Fig. 7.

299. *Chordarum maxima eſt diameter AB.*

Digitized by Google

DEMONSTRATIO.

Eſt enim $CO = BC$ & $CN = CA$ (§. 40). Sed $CO + CN > ON$ (§. 170). Ergo $BC + CA$, hoc eſt, $BA > ON$ (§. 89 *Arithm.*) *Q. e. d.*

THEOREMA 61.

Tab. V. Fig. 90. 300. *Si intra triangulum ACB ſupra ejusdem baſi AB conſtruatur triangulum ADB; erunt crura interioris AD & DB ſimul ſumta minora cruribus exterioris AC & CB ſimul ſumtis; angulus vero ad verticem interioris D major angulo ad verticem exterioris C.*

DEMONSTRATIO.

Quia $AE < AC + CE$ (§. 190); $AE + EB < AC + CE + EB$ (§. 90 *Arithm.*), hoc eſt, $AD + DE + EB < AC + CB$ (§. 86. 89 *Arithm.*). Sed $DB < DE + EB$ (§. 190). Ergo multo magis $AD + DB < AC + CB$. *Quod erat unum.*

Quoniam $o > x$ & $u > m$ (§. 188); erit $o + u > x + m$ (§. 90 *Arithm.*) *Quod erat alterum.*

THEOREMA 62.

Tab. V. Fig. 91. 301. *Chorda arcus majoris AB major eſt, chorda minoris AD minor.*

DEMONSTRATIO.

$EB + EC > BC$ (§. 190), hoc eſt, quia $DE + EC = BC$ (§. 40), $EB + EC > DE + EC$ (§. 89 *Arithm.*) conſequenter $EB > DE$ (§. 92 *Arithm.*). Eſt vero $AE + DE > DA$ (§. 190). Ergo multo magis $AE + EB > DA$, hoc ſt, $AB > DA$ (§. 86. 89 *Arithm.*). *Q. e. d.*

THEOREMA 63.

302. *Secantium MA, MN, ME ex eodem puncto M ductarum maxima eſt MA, quae per centrum tranſit; reliquae ſunt tanto minores, quo a centro remotiores. Contra earundem portiones extra circulum* **MD**, *MO*, *MB ſunt tanto majores, quo magis a centro diſtant; minima eſt MB ſecantis MA per centrum tranſeuntis.* Tab. I. Fig. 7.

DEMONSTRATIO.

1. $NC + MC > MN$ (§. 190). Sed $NC = CA$ (§. 40). Ergo $CA + CM = NC + MC$ (§. 88 *Arithm.*) $= MA$ (§. 86 *Arithm.*), $> MN$ (§. 89 *Arithm.*). *Quod erat primum.*

2. $MO + EO > ME$ (§. 190). Sed $NO > EO$ (§. 286). Ergo multo magis $MO + ON$, hoc eſt, MN (§. 86 *Arithm.*) $> ME$. *Quod erat ſecundum.*

3. $CO + OM > MC$ (§. 190). Sed $CO = CB$ (§. 40). Ergo $OM > MB$ (§. 90 *Arithm.*). *Quod erat tertium.*

4. CD

4. CD + DM > CO + OM (§. 300). Sed CD = CO (§. 40). Ergo DM > OM (§. 90 *Arithm.*). *Quod erat quartum.*

THEOREMA 64.

Tab. V. Fig. 92. 303. *Si ex puncto E intra circulum aſſumto ducantur in peripheriam rectæ EF, EB, GE &c. item EA, ED, EH &c. maxima erit EF, quæ per centrum C tranſit, reliquæ BE, GE &c. tanto majores, quo maximæ propiores. Contra minima eſt EA, quæ continuata per centrum tranſit: reliquæ ED, EH &c. ſunt tanto majores, quo ab ea remotiores.*

DEMONSTRATIO.

1. EC + BC > EB (§. 190.) Sed BC = FC (§. 40). Ergo EC + BC = EC + FC (§. 88 *Arithm.*) hoc eſt, EF (§. 86 *Arithm.*) > EB (§. 89 *Arithm.*). *Quod erat primum.*

2. EI + GI > GE & IB + IC > BC (§. 190), hoc eſt, ob BC = GI + IC (§. 40), IB + IC > GI + IC (§. 89 *Arithm.*), adeoque IB > GI (§. 92 *Arithm.*). Quare EI + IB > EI + GI (§. 90 *Arithm.*) adeoque EI + IB, hoc eſt, BE (§. 86 *Arithm.*) > GE. *Quod erat alterum.*

3. EC + ED > DC (§. 190), Sed CD = EC + EA (§. 40). Ergo EC + ED > EC + EA (§. 89 *Arithm.*), conſequenter ED > EA (§. 92 *Arithm.*). *Quod erat tertium.*

4. EK + KD > ED & KH + KC > CH (§. 190), hoc eſt, ob CH = CK + KD (§. 40), KH + KC > KC + KD (§. 98 *Arithm.*), adeoque KH > KD (§. 92 *Arithm.*). Quare EK + KH > EK + KD (§. 90 *Arithm.*), adeoque EK + KH, hoc eſt, EH (§. 86 *Arithm.*), > ED. *Quod erat quartum.*

THEOREMA 65.

304. *Recta IL radio CL perpendiculariter inſiſtens tangit circulum in unico puncto L: nec inter tangentem HL & circulum alia recta duci poteſt.*

DEMONSTRATIO.

Ducatur enim quælibet alia CK Tab. I. Fig. 3. (§. 121). Quoniam IL perpendicularis ad CL *per hypoth.* adeoque L eſt rectus (§. 78); K erit acutus (§. 218). Ergo CK > CL (§. 220), conſequenter quodlibet punctum K a L diverſum, hoc eſt tota linea LI ſeu HI extra circulum cadit (§. 40), & ideo circulum tangit in unico puncto L (§. 47). *Quod erat unum.*

Ducatur deinde, ſi fieri poteſt, inter tangentem HL & circulum

recta

Digitized by Google

recta ML. Demittatur in eam ex centro C perpendicularis CD (§. 216); erit D rectus (§. 78) adeoque CL > CD (§. 220). Cadit itaque D intra circulum (§. 40): quod cum hypotheſi repugnet (§. 47), inter tangentem & circulum per contactum tranſiens recta alia duci nequit. *Quod erat alterum.*

COROLLARIUM I.

305. Angulus igitur contactus tangente HL & arcu ML interceptus eſt quovis rectilineo minor: angulus vero Semicirculi inter radium CL & arcum ML interceptus eſt quovis rectilineo acuto major.

SCHOLION.

306. *Hoc paradoxum* Euclidis *exercuit Mathematicorum ingenia. Agitata eſt de eo controverſia inter* Jacobum Peletarium *Cenomani in Gallia Matheſeos Profeſſorem &* Chriſtophorum Clavium *Jeſuitam Bambergenſem: quorum* (l) *hic angulum contactus rectilineo heterogeneum* (§. 30 Arithm.) *agnovit, quemadmodum linea eſt ſuperficiei heterogenea; ille vero e numero angulorum ſuſtulit & pro non quanto declaravit. Peculiarem de angulo contactus & ſemicirculi Tractatum A. 1656. conſcripſit* Wallſius, *qui legitur Operum Vol. II. f. 605 & ſeqq. ubi cum* Peletario *angulum contactu omni aſſignabili minorem adeoque nullius magnitudinis eſſe defendit.*

COROLLARIUM 2.

307. Circulum in eodem puncto L nonniſi unica recta HI tangere poteſt.

THEOREMA 66.

308. *Omnis recta HI circulum tangens radio CL ad punctum contactus ducto perpendicularis eſt.*

DEMONSTRATIO.

Ponamus IL non eſſe ipſi CL perpendicularem. Ergo ex C duci poterit KC ad HI perpendicularis (§. 216) hæcque utpote tangens *per hypoth.* extra circulum cadet (§. 47), conſequenter CK > CN (§. 84 *Arithm.*) > CL (§. 40 *Geom.* & §. 89 *Arithm.*). Eſt vero etiam CK < CL (§. 220): quod cum ſit abſurdum, tangens IL radio CL ad contactum perpendicularis. *Q. e. d.* Tab. I. Fig. 3.

COROLLARIUM I.

309. Tangens IL efficit cum radio CL in puncto contactus rectum (§. 78).

COROLLARIUM 2.

310. Si HI circulum tangat & ex centro C ad eam perpendicularis CL demittatur (§. 216), punctum contactus L determinatur.

PROBLEMA 31.

311. *Ducere rectam HI circulum in dato puncto L tangentem.* Tab. I. Fig. 3.

1. Ex

(l) in Schol. ad 16 Elem. III f. 117 & ſeqq. Tom. I. Oper.

Digitized by Google

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

1. Ex centro circuli C ad punctum contactus L ducatur radius CL.
2. In L excitetur perpendicularis LH (§.249), quæ circulum in L tanget (§.308). *Q. e. f. & d.*

THEOREMA 67.

Tab V. Fig. 91. 312. *Arcus FG & HI inter chordas parallelas intercepti ſunt æquales.*

DEMONSTRATIO.

Demittatur CK ex centro C perpendicularis ad FH (§.216): erit eadem perpendicularis ad GI (§. 230) ob FH & GI *per hypoth.* parallelas, dividetque adeo tam arcum FKH, quam GKI bifariam in K (§.291). Quare KF − GK = KH − KI, hoc eſt, FG = HI (§.91 *Arithm.*). *Q. e. d.*

THEOREMA 68.

Tab. I. Fig. 13. 313. *Angulus ad centrum ACD eſt duplus anguli ad peripheriam ABD, eidem arcui AD inſiſtentis.*

DEMONSTRATIO.

I. Ducatur EF per centrum C ipſi BD parallela (§.258), erit EB = DF (§.312), adeoque o = x (§. 142). Sed o = y (§.156). Ergo x = y (§.87 *Arithm.*) = ½ ACD. Porro o = u (§.233). Ergo u = y = ½ ACD (§.87 *Arithm.*). *Quod erat primum.*

II. In caſu altero o = 2 y & u = 2 x *per caſ. 1.* Ergo u + o = 2 x + 2 y (§.88 *Arithm.*) hoc eſt, ABD = ½ ACD (§.94 *Arithm.*) *Quod erat ſecundum.* Tab. V. Fig. 93.

III. In caſu tertio o + u = 2 y + 2 x *per caſ. 1.* & o = 2 y *per caſ. 1.* Ergo u = 2 x (§.91 *Arithm.*) hoc eſt, ½ ACD = ABD (§. 94 *Arithm.*). *Quod erat tertium.* Fig. 94.

THEOREMA 69.

314. *Anguli ad peripheriam ABD menſura eſt arcus dimidius AD, cui inſiſtit.* Tab. I. Fig. 13.

DEMONSTRATIO.

I. Sit ABD angulus in majore ſegmento: inſiſtet ergo arcui minori AD quam ſemicirculo (§.70. 56), adeoque ipſi reſpondet angulus ad centrum ACD (§.72. 135). Sed anguli ACD menſura eſt arcus AD (§. 73). Ergo ipſius ABD menſura dimidius arcus AD (§. 313. 142). *Quod erat unum.*

II. Sit ACB angulus in ſemicirculo. Ducatur utcunque recta CD: erit arcus dimidius AD menſura anguli ACD & ½ DB menſura ipſius DCB *per caſ. 1.* Ergo ½ ADB menſura anguli ACB. *Quod erat ſecundum.* Tab. V. Fig. 95.

Digitized by Google

Tab. V. Fig. 96. III. Sit denique HIK angulus in minore ſegmento. Ducatur utcunque recta IL: erit ut ante $\frac{1}{2}$ HL menſura anguli HIL & $\frac{1}{2}$ LK menſura anguli LIK *per caſ. 1.* Ergo denuo $\frac{1}{2}$ HLK menſura anguli HIK. *Quod erat tertium.*

COROLLARIUM 1.

Tab. I. Fig. 14. 315. Duo vel plures anguli HLI & HMI eidem arcui HI vel æqualibus arcubus inſiſtentes æquales ſunt (§. 142).

COROLLARIUM 2.

Tab. I. Fig. 14. 316. Quare cum porro ſit o = x + u (§. 239); erit anguli extra centrum menſura dimidium arcuum HI & LM, quibus ipſe & ejus verticalis K inſiſtunt (§. 314).

COROLLARIUM 3.

Tab. V. Fig. 95. 317. Cum angulus in ſemicirculo ACB ſemicirculo inſiſtat *per hypoth.* menſura ejus eſt circuli quadrans (§. 314), adeoque ipſe rectus eſt (§. 143).

COROLLARIUM 4.

Tab. V. Fig. 96. 318. Cum angulus in majore ſegmento DIF arcui minori DF, quam eſt ſemicirculus, inſiſtat (§. 70), menſura ejus eſt ſemiquadrante minor (§. 314), adeoque ipſe recto minor (§. 143), conſequenter acutus (§. 66).

COROLLARIUM 5.

Tab. V. Fig. 96. 319. Non abſimili ratione liquet, angulum in minore ſegmento IHK eſſe obtuſum.

COROLLARIUM 6.

Tab. VI. Fig. 97. 320. Quoniam o = x + y (§. 239) & anguli o menſura eſt $\frac{1}{2}$ LM, anguli y vero $\frac{1}{2}$ NO (§. 314); anguli extra peripheriam G menſura eſt differentia inter dimidium arcum concavum LM, cui inſiſtit, & dimidium convexum NO inter crura interceptum.

PROBLEMA 32.

321. *Normam examinare, utrum exacta ſit nec ne.* Tab. VI. Fig. 98.

RESOLUTIO.

1. Deſcribatur intervallo arbitrario ſemicirculus AEF &
2. Ducantur in eo ex diametri utroque extremo A & F ad punctum E in peripheria arbitrario aſſumtum rectæ AE & FE.
3. Cruribus anguli AEF ita applicetur norma, ut ejus vertex ſuper E cadat. Hoc enim ſi fieri poteſt; erit norma exacta.

DEMONSTRATIO.

Tum enim angulus normæ LEM æqualis eſt angulo AEF (§. 167), adeoque rectus (§. 317), conſequenter norma exacta (§. 212). *Q. e. d.*

THEOREMA 70.

322. *Menſura anguli minoris ſegmenti ATB eſt dimidium arcus TDB: anguli vero majoris ſegmenti BTH dimidium arcus majoris BGT.* Tab. VI. Fig. 99.

DE-

Digitized by Google

DEMONSTRATIO.

Ducatur ex puncto contactus T diameter TE; erit ATE rectus (§. 308). Cum adeo ejus menſura ſit arcus dimidius EBT (§. 135. 143), anguli vero BTE dimidius arcus EB (§. 314); erit anguli A T B menſura dimidius arcus B T D. *Quod erat unum.*

Eodem modo patet, cum dimidius ſemicirculus EGT ſit menſura anguli ETH (§. 135. 143) & dimidius arcus EB menſura anguli BTE (§. 314), eſſe dimidium arcum BGT menſuram anguli BTH. *Quod erat alterum.*

COROLLARIUM 1.

323. Cum anguli G menſura etiam ſit dimidius arcus BDT, ipſius D vero arcus dimidius BGT (§. 314); angulus in majore ſegmento G æqualis eſt angulo minoris ſegmenti A T B & angulus in minore ſegmento D æqualis eſt angulo majoris ſegmenti BTH (§. 142).

COROLLARIUM 2.

Tab. VI. Fig. 99. 324. Si chorda GT ultra circulum continuetur in F; erit anguli B T F menſura ſemiſumma arcuum TB & TG a chordis cognominibus ſubtenſorum. Nam A T F = G T H (§. 156). Ergo ejus menſura dimidius arcus TG (§. 322). Eſt vero anguli A T B menſura arcus dimidius TB (§. *cit.*). Quare ſemiſumma eorundem arcuum eſt menſura anguli BTF.

COROLLARIUM 3.

325. Si L M & M N ſint tangentes ex eodem puncto ductæ; erit angulorum M L N & M N L menſura arcus dimidius L N (§. 322), conſequenter anguli ipſi ſunt æquales (§. 142) & ideo LM = MN (§. 253). Tab. VI. Fig. 100.

COROLLARIUM 4.

326. Quia angulorum L, M & N menſura eſt ſemicirculus (§. 240. 143), angulorum vero L & N junctim ſumtorum arcus LN (§. 322); erit anguli M a duab. ustangentibus LM & NM intercepti menſura differentia arcus intercepti LN a ſemicirculo.

PROBLEMA 33.

327. *Inter duas lineas A B & BE mediam proportionalem B D invenire.* Tab. VI. Fig. 101.

RESOLUTIO.

1. Jungantur lineæ datæ A B & BE in directum dividaturque AE bifariam in C (§. 210).
2. Ex C intervallo ipſius A C deſcribatur ſemicirculus ADE (§. 136).
3. Ex B erigatur perpendicularis BD (§. 212).

Dico eſſe AB : BD = BD : BE.

DEMONSTRATIO.

Quoniam BD perpendicularis ad AE, *per conſtruct.* m & n ſunt anguli recti (§. 78). Sed o + x eſt itidem rectus (§. 317) & y utrique

Digitized by Google

triangulo ABD & ADE communis. Ergo $o = z$ (§.246), conſequenter $y = x$ (§. *cit.*), & tunc AB : BD = BD : BE (§.267). *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

328. Cum ſit AB : BD = BD : BE; ex data ſagitta AB & dimidia chorda BD invenitur diameter (§. 302 *Arith.*). Sit e. gr. $AB = 80'''$, $BD = 300'''$; erit $BE = 1125'''$, adeoque $AB + BE = AE$ $1205'''$ ſeu fere $12'$.

COROLLARIUM 2.

329. Ex demonſtratione una liquet, △ rectangulum ADE per lineam perpendicularem DB ex angulo recto D in hypothenuſam AE demiſſam reſolvi in duo triangula ABD & BDE inter ſe & toti ADE ſimilia (§.267).

COROLLARIUM 3.

330. Cum adeo etiam ſit AB : AD = AD : AE (§. *cit.*); ſi lineæ fuerint majores, una datarum ex A in B, altera ex A in E transfertur, factisque reliquis ut in reſolutione problematis erit AD media proportionalis quæſita.

COROLLARIUM 4.

331. Si ergo AB ſit unitas, erit BD radix ipſius BE, aut AD ipſius AE (§. 247. *Arithm.*).

THEOREMA 71.

Tab. I. Fig. 14. 332. *Si duæ chordæ HM & LI ſe mutuo ſecent in K; erit HK : LK = KI : KM.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam enim $x = x$ & $u = u$ (§.315); ideo HK : LK = KI : KM (§.267). *Q. e. d.*

THEOREMA 72.

333. *Si fuerint duæ ſecantes GL & GM ex eodem puncto G ductæ; erit GM : GL = GN : GO.* Tab. VI. Fig. 97.

DEMONSTRATIO.

Angulus x eſt utrique triangulo GNO & GLM communis. Anguli GNO menſura eſt ſemiſumma arcuum NL & NO (§. 324). Sed anguli OML menſura eſt ſemiſumma eorundem arcuum (§.314). Quare GNO = OML (§. 142), conſequenter GM : GL = GN : GO (§. 267). *Q. e. d.*

THEOREMA 73.

334. *Si ex eodem puncto A ducantur duæ rectæ AD & AB, quarum altera circulum tangit, altera ſecat; erit tangens AD media proportionalis inter totam ſecantem AB & ejus portionem extra circulum AC.* Tab. VI. Fig. 102.

DEMONSTRATIO.

Angulus A eſt utrique triangulo ACD & ABD communis. Anguli ADC & ABD æquales ſunt (§.323). Ergo AC : AD = AD : AB (§.267). *Q. e. d.*

CA-

Digitized by Google

CAPUT V.

De FIGURARUM DESCRIPTIONE.

THEOREMA 74.

Tab. VI. Fig. 103. 335. *In parallelogrammis latera oppoſita ſunt æqualia, & ſi in figura quadrilatera latera oppoſita fuerint æqualia, erunt eædem parallelogramma.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam OPQN parallelogrammum *per hypoth.* erit OP parallela ipſi NQ & ON parallela ipſi PQ (§. 102), conſequenter ducta diagonali PN erit x = o & n = m (ſ. 233), adeoque OP = NQ & ON = PQ (ſ. 251). *Quod erat unum.*

Quodſi OP = QN & ON = PQ *per hypoth.* cum etiam ſit NP = NP; erit x = o & n = m (ſ. 204). *Quod erat alterum.*

COROLLARIUM.

336. Cum in Quadrato, Oblongo, Rhombo & Rhomboide latera oppoſita æqualia ſint (§. 98. 99. 100. 101); erunt Quadratum, Oblongum, Rhombus & Rhomboides parallelogramma (§. 335).

THEOREMA 75.

Tab. VI. Fig. 103. 337. *Diagonalis dividit parallelogramma in duas partes æquales, anguli in iis diagonaliter oppoſiti ſunt æquales, anguli vero ad idem latus oppoſiti duobus rectis æquantur & duo latera ſimul ſumta ſunt diagonali majora.*

DEMONSTRATIO.

In Parallelogrammis ON = PQ & OP = QN (§. 335). Sed PN = PN. Ergo △ NOP = △ NQP (ſ. 204). *Quod erat unum.*

Quoniam in parallelogrammis OP ipſi NQ & ON ipſi PQ parallela (§. 103): anguli O & N, N & Q, Q & P, P & O ſimul ſumti æquantur duobus rectis (§. 233). *Quod erat ſecundum.*

Quoniam angulus O + N = N + Q *per demonſtrata*; erit O = Q (ſ. 91 *Arithm.*). Similiter quoniam Q + P = Q + N *per demonſtrata*; erit P = N (ſ. 91 *Arithm.*). *Quod erat tertium.*

Denique NO + PO > NP & PQ + QN > PN (ſ. 190). *Quod erat quartum.*

Tab. VI. Fig. 104.

PROBLEMA 34.

338. *Super data recta CD quadratum conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. In C erigatur perpendicularis AC (§. 249) = CD.
2. Ex D & A intervallo ipſius CD fiat interſectio in B (§. 197).
3. Ducantur AB & DB.

DEMONSTRATIO.

AC = CD = AB = BD, *per conſtr.* Ducta ergo diagonali AD, patet eſſe C = B (§. 204). Sed C rectus eſt, *per conſtr.* Ergo B etiam rectus (§. 145), conſequenter o & x, item y & m ſemirecti (§. 241), adeoque o + x & x + m itidem recti. Quare figura eſt quadratum (§. 98). *Q. e. d.*

Aliter.

1. In C & D erigantur perpendiculares CA & DB ipſi CD æquales (§. 249).
2. Ducatur recta AB.

DEMONSTRATIO.

Eſt enim CA = DB = CD, *per conſtr.* & quoniam AC & BD perpendiculares ad CD *per conſtr.* anguli ad D & C ſunt recti (§. 78) adeoque BA parallela ipſi DC (§. 226), conſequenter anguli A & B ſunt recti (§. 233) & ob parallelas AC & BD (§. 256) AB = CD (§. 238). Eſt igitur ABCD Quadratum (§. 98). *Q. e. d.*

PROBLEMA 35.

339. *Datis duabus rectis MI & IK rectangulum parallelogrammum ſeu oblongum conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. Jungantur MI & IK ad angulos rectos (§. 249). Tab. VI. Fig. 105.
2. Ex M intervallo ML = IK deſcribatur arcus & ex K intervallo KL = IM alius priorem interſecans in L (§. 197).
3. Ducantur rectæ ML & KL.

DEMONSTRATIO.

MI = KL & ML = IK, *per construct.* Eſt ergo MIKL parallelogrammum (§. 335), conſequenter I = L & I + M ac I + K = duobus rectis (§. 337). Sed I eſt rectus, *per conſtr.* Ergo & L (§. 145), itemque M & K recti ſunt. Eſt ergo figura conſtructa oblongum (§. 100). *Q. e. d.*

PROBLEMA 36.

340. *Data recta GH una cum angulo obliquo G rhombum conſtruere.* Tab. VI. Fig. 106.

RESOLUTIO.

1. Ad rectam datam GH conſtituatur in G angulus dato æqualis (§. 208).

2. Fiat

2. Fiat GE = GH & reliqua peragantur ut in probl. 34. (§.338).

DEMONSTRATIO.

EG = EF = FH = HG, *per conſtruct.* Eſt ergo EFHG parallelogrammum (§. 335), conſequenter G = F & G + H ac G + F = duobus rectis (§. 337). Sed G eſt angulus obliquus *ex hypotheſi*: Ergo & F, conſequenter etiam E & H ſunt obliqui. Adeoque figura conſtructa rhombus eſt (§. 99). *Q. e. d.*

PROBLEMA 37.

Tab. VI. Fig. 103. 341. *Datis duabus rectis ON & OP una cum angulo intercipiendo O rhomboidem conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. Jungantur rectæ ON & OP ſub angulo dato (§. 208).
2. Reliqua peragantur ut in probl. 35 (§. 339).

DEMONSTRATIO.

Eadem eſt, quæ problematis præcedentis.

THEOREMA 76.

Tab. VI. Fig. 107. 342. *Si peripheria circuli dividatur in partes quotcunque æquales ducanturque ſubtenſæ AB, BC, CD &c. figura circulo inſcripta regularis eſt.*

DEMONSTRATIO.

Cum enim arcus AB, BC, CD &c. ſint æquales, *per hypoth.* etiam chordæ cognomines æquales ſunt (§. 289) cumque anguli A, B, C &c. æqualibus arcubus BDE, CDA, DEB &c. inſiſtant, ipſi quoque æquales ſunt (§. 315). Figura igitur circulo inſcripta regularis eſt (§. 106). *Q. e. d.*

PROBLEMA 38.

343. *Invenire ſummam omnium angulorum in quocunque polygono.*

RESOLUTIO.

1. Multiplicentur 180° per numerum laterum.
2. A producto ſubtrahantur 360°: reſiduum eſt ſumma quæſita.

E. gr. Pentag.	180	Hexag.	180
	5		6
	900		1080
	360		360
	540		720

DEMONTSRATIO.

Tab. VI. Fig. 107. Quælibet figura ex aſſumto in ea puncto F in tot triangula AFB, BFC, CFD &c. reſolvitur, quot habet latera AB, BC, CD &c. Si ergo 180 per numerum laterum multiplices, prodit ſumma omnium angulorum in dictis triangulis (§. 240). Sed anguli circa punctum F, qui non pertinent

nent ad angulos polygoni, ſemper efficiunt 360° (§.159). Quodſi ergo a facto ſupra invento ſubtrahantur 360°, ſumma angulorum polygoni relinquitur. *Q. e. d.*

Aliter.

Tab. VI. Fig. 3. Cum numerus triangulorum ABC, CAD & DAE, in quæ reſolvitur figura polygona per diagonales AC & AD ex puncto A. ductas a numero laterum AB, BC, CD, DE, EA conſtanter binario differat; ſi 180° multiplicentur per numerum laterum binario mulctatum, prodit ſumma omnium angulorum A, B, C, D & E (§.240). *Q. e. i. & d.*

E. gr. pro Pentag. 180 pro Hexag. 180

3	4
540	720

COROLLARIUM 1.

344. Quodſi ſumma inventa per numerum laterum dividatur; quotus eſt angulus polygoni regularis (§. 206).

SCHOLION.

345. *En tibi tabulam, in qua ſumma angulorum in figuris rectilineis quibuscunque & quantitas unius in regularibus a trigono usque ad dodecagonum exhibetur* (§. 343). *Conſtruitur columna ſecunda continua additione* 180; *tertia vero numeris in columna per numerum angulorum ſive laterum diviſis* (§. 344). *Utimur hac tabula tum in*

Num Lat.	Sum. Ang.	Ang. Fig. regul.	Num. Lat.	Sum. Ang.	Ang. Fig. reg.
III	180	60	VIII	1080	135
IV	360	90	IX	1260	140
V	540	108	X	1440	144
VI	720	120	XI	1620	$147\frac{3}{11}$
VII	900	$128\frac{4}{7}$	XII	1800	150

figuris regularibus deſcribendis; tum in angulorum quantitate examinanda, utrum ſcilicet inſtrumento rite explorata fuerit, nec ne. Aberratum enim eſſe intelligimus, ubi eorum ſumma minor vel major deprehenditur ea, quæ in tabula definitur, e: gr. ſi in heptagono ſuperet 900.

COROLLARIUM 2.

346. Si latera figuræ polygonæ cujuscunque continuentur, anguli externi 1. 2. 3. 4 &c. cum angulis figuræ internis efficiunt bis tot rectos, quot ſunt latera, (§. 147). Sed interni ſoli efficiunt bis tot rectos quot ſunt latera, demtis quatuor (§. 343). Ergo externi in omni caſu conficiunt 4 rectos ſeu 360°. Tab. VI. Fig. 108.

PROBLEMA 39.

347. *Dato polygono regulari cuicunque ABCDE circulum circumſcribere.* Tab. VI. Fig. 107.

RESOLUTIO.

1. Duo ejus anguli E & D dividantur bifariam rectis EF & DF (§. 209) ob angulos FED & FDE duobus rectis minores concurſuris in F (§. 262).

2. Ex

Digitized by Google

2. Ex puncto concurſus F deſcribatur radio EF circulus (§. 131).

DEMONSTRATIO.

Quoniam o & u ſunt angulorum polygoni dimidii, *per conſtruct.* erit $o = u$ (§. 106 *Geom.* & §. 94 *Arithm.*), conſequenter EF = FD (§. 253). Circulus adeo tranſiens per E tranſit etiam per D (§. 40). Ducatur jam ex F in A recta FA (§. 121). Quoniam $o = x$, *per conſtr.* ED = AE (§. 106) & EF = EF; erit AF = FD (§. 179). Ergo circulus tranſiens per D & E tranſit etiam per A (§. 40). Porro quia AF = EF, *per demonſtr.* erit $m = x$ (§. 184). Sed x dimidius angulus polygoni, *per conſtr.* Ergo & m (§. 87 *Arithm.*), conſequenter etiam y. Quare ſi ducatur FB (§. 121); erit ut ante FB = EF, adeoque radius circuli. Eodem modo oſtenditur, FC & ſi quæ plures fuerint rectæ iſtiusmodi, eſſe radios circuli, adeoque circulum tranſire per omnes angulos polygoni, hoc eſt, eidem circumſcribi (§. 116). *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

348. Omnis ergo figura regularis eſt circulo inſcriptibilis (§. 216).

PROBLEMA 49.

349. *Invenire angulum in dato polygono regulari.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Concipiatur polygonum regulare ABCDE circulo inſcriptum (§. 348). Quoniam arcus dimidius BCDE eſt menſura anguli quæſiti A (§. 314); arcus vero AB, qui ipſius EAB dimidius, habetur circuli peripheria per numerum laterum diviſa (§. 289); angulus polygoni A relinquitur, ſi arcum AB a ſemicirculo ſubtraxeris. *Q. e. i. & d.*

E. gr. Quæratur angulus pentagoni. Dividatur 360 per 5, quotus 72 eſt arcus AB, qui ex 180 ſubductus relinquit 108 angulum pentagoni quæſitum.

THEOREMA 77.

350. *Quadrilateri circulo inſcripti GHIK anguli bini oppoſiti H & K, item G & I conficiunt duos rectos.* Tab. VI. Fig. *

DEMONSTRATIO.

Inſiſtunt enim junctim ſumti integro circulo, e. gr. K arcui GHI & H complemento ejus ad circulum GKI (§. 56), adeoque ipſorum menſura eſt ſemicirculus (§. 314). Sunt ergo duobus rectis æquales (§. 143). *Q. e. d.*

PROBLEMA 41.

351. *Circulo quadratum circumſcribere.* Tab. VI. Fig. 109.

RESOLUTIO.

1. Ducantur diametri AB & DE ſe mutuo in centro C ad angulos rectos ſecantes (§. 210).

2. Ex A, E, B, D intervallo radii fiant interſectiones in F, G, H, I.
3. Ducantur rectæ FG, GH, IH & IF. Erit FGHI quadratum circulo circumſcriptum.

DEMONSTRATIO.

Anguli ad A, E, B, D ſunt recti (§. 338) adeoque FG, GH, HI & IF circulum tangunt (§. 304). Sunt vero anguli G, F, I, H recti (§. 338) & FG = GH = HI = FI = 2 AC *per conſtr.* Ergo FGIH eſt quadratum (§. 98) idque circulo circumſcriptum (§. 117). *Q. e. d.*

PROBLEMA 42.

352. *Super data recta ED polygonum regulare quodcunque deſcribere.*

RESOLUTIO.

Tab. VI. Fig. 107. 1. Quæratur angulus polygoni (§. 344. 349).
2. Fiat in E ipſi æqualis (§. 155) & EA = ED.
3. Per puncta A, E, D deſcribatur circulus (§. 294).
4. In ea applicetur data recta ED, quoties fieri poteſt.

Ita deſcribetur figura quæſita (§. 342. 348).

Aliter.

1. In E & D fiant anguli dimidio angulo polygoni ſigillatim æquales (§. 155), quorum crura EF & DF ſe mutuo ſecabunt in F (§. 262).
2. Ex F tanquam centro radio EF deſcribatur circulus, qui erit circulus polygono circumſcriptus (§. 347).
3. Reliqua abſolvantur ut ante.

PROBLEMA 43.

353. *Circulo dato polygonum regulare quodcunque inſcribere.*

RESOLUTIO.

1. Dividantur 360 per numerum laterum, ut innoteſcat quantitas anguli EFD (§. 59). Tab. VI. Fig. 107.
2. Conſtruatur is ad centrum (§. 155).
3. Chorda ED ad peripheriam toties applicetur, quoties fieri poteſt.

Ita figura regularis erit circulo inſcripta (§. 342. 117). *Q. e. f. & d.*

SCHOLION.

354. *Reſolutio problematis præſentis & præcedentis mechanica quidem eſt, cum ad conſtructionem inſtrumento tranſportatorio utamur* (§. 155)*: non tamen ideo contemnenda, tum quia univerſalis & facilis, tum quia conſtructionis rite peracta indicium præbet. Pentagoni, Decagoni & Quindecagoni conſtructionem tradunt* Euclides (l) & Ptolemæus (m)*: de qua in Analyſi. Equidem & heptagoni, enneagoni & hendecagoni conſtructiones Geometricæ paſſim apud Autores, practicos inprimis, occurrunt; ſed* ... *arigare*

(l) Elem. 4. prop. 11. 16 & Elem. 13. prop. 10.
(m) Almag lib. 1. c. 9. & m. 8; conf. Joannes Regiomontanus in epitome hujus Almag. lib. 1. prop. 1.

a rigore demonſtrationum abhorrent. Joh. Carolus Renaldinus (n) *omnium polygonorum deſcribendorum regulam catholicam praeſcribit, paſſim Geometris practicis inſertam: ſed quantum fallat,* Cl. Wagnerus, Mathemat. in Academia Helmſtad. Profeſſor, *oſtendit* (o) *& nos inferius in Analyſi oſtendemus.*

PROBLEMA 44.

355. *Polygonum regulare quodcunque circulo circumſcribere.*

RESOLUTIO.

Tab. VI. Fig. 107.

1. Inſcribatur figura regularis ſimilis circulo dato, v. gr. pentagonum ABCDE, ſi pentagonum *a b c d e* circumſcribendum (§. 353).
2. Chorda AB bifariam ſecetur in H per rectam F*h* ad eandem in H normalem (§. 210), quae arcum cognominem in *h* ſecat.
3. Per A & B producantur radii FA & FB.
4. Per h ducatur ipſi AB parallela radiis continuatis in *a* & *b* occurrens: erit ab latus unum polygoni circumſcripti.
5. Producantur radii FE, FD, FC, donec fiat F*e* = F*d* = F*c* = F*a* & puncta *a*, *e*, *d*, *c*, *b* connectantur rectis *ae*, *ed*, *dc*, *cb*: erit *a b c d e* polygonum circulo circumſcriptum. *Q. e. f.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam *ab* parallela ipſi AB *per conſtruct.* erit angulus F*ha* = FHA (§. 233). Sed ob FH ad AB perpendicularem *per conſtruct.* FHA rectus eſt (§. 78). Ergo etiam F*ha* rectus (§. 145), conſequenter *ab* circulum in *h* tangit (§. 78. 304). Eſt vero etiam angulus F*ab* = FAB (§. 233), adeoque dimidius angulus polygoni (§. 347). Porro quoniam AB = AE *per conſtruct.* & FA = FE = FB (§. 40); erit angulus *b* F*a* = *a* F*e* (§. 204). Quare cum etiam ſit F*a* = F*e per conſtruct.* & ob F*ab* = F*ba per demonſtrata*, rectos ad *h* & latus F*h* utrique triangulo F*ah* & F*hb* commune F*b* = F*a* (§. 252); erit *ae* = *ab* & F*ae* = F*ab* (§. 179), conſequenter *a* angulus polygoni, e. gr. in noſtro caſu pentagoni. Eodem modo oſtenditur, angulos quoque *e*, *d*, *c*, *b* eſſe angulos polygoni circumſcribendi & *ed* = *dc* = *cb* = *ab*. Quod vero etiam *ae* circulum in G tangat, ita demonſtratur. Demittatur ex F perpendicularis ad *ae* (§. 216); erit angulus ad *g* rectus (§. 78). Quoniam porro F*ah* = F*ag per demonſtrata*, & F*a* = F*a*; erit F*h* = F*g* (§. 252). Quare cum F*h* ſit radius circuli *per conſtruct.* erit etiam Fg radius circuli (§. 40), at-

Aa 2 que

(n) lib. 2 de Reſolut. & compoſit. Mathem. f. 367. (o) in peculiari diſſertatione Helmſtadii 1700 habita.

que adeo *ac* circulum in *g* tangit (§. 304). Idem eodem modo oſtenditur *de* rectis *ed*, *dc*, *bc*: Polygonum itaque *abcde* circulo eſt circumſcriptum (§.117). *Q.e.d.*

Tab. VI. Fig. 110.

THEOREMA 78.

356. *Latus hexagoni AB æquatur radio circuli circumſcripti AC.*

DEMONTSRATIO.

Angulus $C = 60°$ (§.57). Ergo $A + B = 120°$ (§.245), conſequenter ob $AC = BC$ (§.40) $A = B = 60°$ (§.184). Quare △ ACB æquilaterum (§.254), conſequenter $AB = AC$ (§.88). *Q.e.d.*

COROLLARIUM 1.

357. Hexagonum regulare circulo inſcribitur, ſi radius ad peripheriam ſexies applicetur.

COROLLARIUM. 2.

358. Si ſuper linea data AB hexagonum deſcribendum; triangulum æquilaterum ACB conſtruitur (§.198): eſt enim vertex C centrum circuli hexagono quæſito circumſcribendi (§.356).

Tab. VI. Fig. 111.

PROBLEMA 45.

359. *Datis omnibus lateribus figuræ cujuscunque & tot diagonalibus, quot ſunt latera, demtis tribus, figuram conſtruere.*

RESOLUTIO.

Cum figura quælibet ABCDE per diagonales AC & AD in tot triangula BAC, CAD, DAE reſolvatur, quot ſunt latera, demtis tribus; non alia re opus eſt, quam ut unum triangulum ſuper altero excitetur (§.205).

PROBLEMA 46.

Tab. VI. Fig. 112.

360. *Datis omnibus lateribus figuræ & tot angulis, quot ſunt latera, demtis tribus, figuram conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. Ducatur recta AB uni datorum laterum æqualis.
2. Ad A & B excitentur anguli eidem adjacentes (§.155) & latera AE & BC per data debite determinentur.
3. Fiat porro in C angulus conveniens (§.155) & determinetur latus DC &c.
4. Tandem ex E & D fiat interſectio in F intervallo laterum EF & FD.

Ductis enim DF & EF, figura terminabitur eritque æqualis quæſitæ (§.161.177).

Eodem modo conſtrui poſſunt figuræ regulares ex latere & angulo dato (§.106).

COROLLARIUM.

361. Si omnes anguli præter unum F dentur, duo latera DF & FE ut dentur opus non eſt.

SCHOLION.

362. *Tyrones ut ſe exerceant in figuris irregularibus deſcribendis, lineas pro arbitrio in pedibus ac digitis, quantitates angulorum in gradibus aſſumere debent.*

Quod-

Digitized by Google

Quodſi contingat, figuram non terminari, id indicio erit, caſum eſſe impoſſibilem; adeoque vel in angulorum, vel linearum quantitate quadam erunt immutanda.

PROBLEMA 47.

Tab. VI. Fig. 111. 363. *Areæ cujusdam campeſtris rectilineæ abcde libere permeabilis ignographiam perficere, hoc eſt, figuram areæ campeſtri ſimilem deſcribere.*

RESOLUTIO.

1. Inveſtigetur longitudo ſingulorum laterum *ab, bc, cd, de, ea*, itemque diagonalium *ac* & *ad* (§. 126).
2. Conſtruatur figura ABCDEA (§. 359) juxta ſcalam geometricam minorem (§. 279).

Dico figuram ABCDE eſſe figuræ campi *abcde* ſimilem.

DEMONSTRATIO.

Eſt enim AB : BC = *ab* : *bc*, BC : CD = *bc* : *cd*, CD : DE = *cd* : *de* &c. Etenim e. gr. *ab* 6 & *bc* 7 pedum in campo exiſtentibus, etiam AB = 6 & BC = 7 in charta *per conſtr.* Quare cum porro ſit AC : AB = *ac* : *ab*, AC : AD = *ac* : *ad*, AD : AE = *ad* : *ae* &c. *per conſtr.* erit $o = o$, $x = x$, $y = y$, $n = n$, $m = m$, $r = r$, $u = u$, $s = s$, $t = t$ (§. 207), conſequenter $x + m + r = x + m + r$, $y + n = y + n$, $u + s = u + s$ (§. 88 *Arithm.*). Quamobrem figura ABCDE eſt figuræ campi *abcde* ſimilis (§. 175). *Q. e. d.*

Aliter.

1. Poſita menſula ita in uno figuræ angulo ut punctum *a* vertici ejus immineat, per dioptras regulæ affixas collineatio fiat in baculos in ſingulis angulis B, C, D, E defixos ducanturque lineæ indefinitæ *ab, ac, ad, ae*. Tab. VI. Fig. 113.
2. Inveſtigetur longitudo rectarum *a*B, *a*C, *a*D, *a*E (§. 126) &
3. Exinde juxta ſcalam modicam (§. 279) determinentur *ab, ac, ad, ae*.
4. Ducantur *bc, cd, de*.

Dico *abcde* eſſe ſimilem figuræ ABCDE.

DEMONSTRATIO.

Quoniam in △△ *abc* & *a*BC angulus *a* communis & *ab* : *ac* = *a*B : *a*C *per conſtr.* erit angulus *abc* = *a*BC & *acb* = *a*CB, nec non *ab* : *bc* = AB : BC & *ac* : *bc* = AC : BC (§. 237). Similiter quoniam in △△ *acd* & *a*CD angulus *a* communis & *ac* : *ad* = *a*C : *a*D, atque in △△ *dae* & D*a*E angulus *a* itidem communis & *ad* : *ae* = *a*D : *a*E *per conſtruct.* erit angulus *acd* = *a*CD & *adc* = *a*DC, nec non *ac* : *cd* = *a*C : cD & *ad* : *dc* = *a*D : cD, itemque angulus *ade* = *a*DE & *aed*

Digitized by Google

$acd = aED$, nec non $ad : de = aD : DE$ & $ae : ed = aE : ED$ (§. 237). Quoniam itaque $a = a$, $b = B$, $acb + acd = aCB + aCD$, h. e. $c = C$, $adc + ade = aDC + aDE$, h. e. $d = D$ & denique $e = E$ *per demonſtrata*, figuræ *abcde* & $aBCDE$ inter ſe æquiangulæ ſunt (§. 109). Porro cum ſit $ac : bc = aC : BC$ & $ac : cd = aC : CD$ *per demonſtr.* erit etiam $bc : cd = BC : CD$ (§. 196 *Arithm.*) & cum ſit $ad : dc = aD : DC$ & $ad : de = aD : DE$ *per demonſtr.* erit denuo $dc : de = DC : DE$. Quamobrem cum quoque ſit $ab : bc = aB . BC$ & $ac : ed = aE : ED$ *per demonſtrata*; latera æquales angulos comprehendentia proportionalia ſunt. Sunt itaque figuræ *abcde* & $aBCDE$ ſimiles (§. 175). *Q. e. d.*

Aliter.

Tab. VI. Fig. 114.

1. Menſula intra figuram poſita eligatur punctum f, ex quo per dioptras regulæ affixas ut ante collineatio fiat in baculos in A, B, C, D & E defixos ducanturque rectæ indefinitæ *fa*, *fb*, *fc*, &c.
2. Inveſtigetur longitudo rectarum fA, fB, fC, fD, fE (§. 126).
3. Inde determinetur longitudo rectarum *fa*, *fb*, *fc* &c. juxta ſcalam modicam (§. 279).
4. Tandem ducantur *ab*, *bc*, *bd*, &c.

Dico *abcdeg* eſſe figuræ ABCDEG ſimilem.

DEMONSTRATIO.

Angulus *f* utrique $\Delta\, fab$ & fAB communis, eſtque $fa : fb = fA : fB$ *per conſtr.* Ergo anguli ad *a* & A, item ad *b* & B æquales ſunt atque $fa : ab = fA : AB$ (§. 237). Eodem modo oſtenditur eſſe in $\Delta\Delta\, fga$ & fGA angulos ad *a* & A æquales, atque $fa : ag = FA : AG$, conſequenter $ab : ag = AB : AG$ (§. 196 *Arithm.*) & angulus $bag = BAG$ (§. 86 *Arithm.*). Quare cum eadem ratione demonſtretur, eſſe $g = G$, $e = E$, $d = D$, $c = C$, $b = B$ & $ag : ge = AG : GE$, $ge : ed = GE : ED$, $ed : dc = ED : DC$, $dc : cb = DC : CB$ & $cb : ba = CB : BA$, figura *abcdeg* eſt majori ABCDEG ſimilis (§. 175). *Q. e. d.*

Aliter.

1. Collocato inſtrumento goniometrico in *a* inveſtigetur quantitas angulorum *x*, *m*, *r* (§. 152) & longitudo rectarum *ab*, *ac*, *ad* & *ae* (§. 126). Tab. VI. Fig. 111.
2. Conſtruantur juxta ſcalam modicam $\Delta\Delta$ ABC, ACD & ADE (§. 180).

Dico ABCDE eſſe ſimilem figuræ *abcde*.

DE-

DEMONSTRATIO.

Coincidit cum ſecunda problematis præſentis.

Aliter.

1. Collocato inſtrumento goniometrico in f, inveſtigetur quantitas angulorum A*f*B, B*f*C, C*f*D, D*f*E, E*f*G, G*f*A (§. 152) & longitudo rectarum fA, fB, fC, fD, fE, fG (§. 126).
2. Conſtruantur ut ante juxta ſcalam modicam ΔΔ *bfa*, *agf*, *fge*, *efd*, *dfc* & *cfb* (§. 180).

Dico *abcdeg* eſſe ſimilem figuræ ABCDEG.

DEMONSTRATIO.

Coincidit cum tertia problematis præſentis.

Aliter.

Tab. VI. Fig. 111.

1. Pyxis cum acu magnetica, cujus margo in 360 gradus diviſa & quæ in cardine meridiei ac ſeptentrionis dioptris inſtructa, ita collocetur in *a*, ut ejus centrum ipſi *a* immineat & per dioptras collineanti baculus in *b* defixus occurrat, noteturque angulus declinationis acus a linea meridiana pyxidis ipſi *a b* imminente verſus ortum vel occaſum.
2. Pyxidis dioptræ convertantur ſucceſſive ad baculos in *c*, *d* & *e* defixos, notenturque ut ante in ſingulis caſibus anguli declinationis.
3. Inveſtigetur longitudo rectarum *a b*, *a c*, *a d*, *a e* (§. 126).
4. Ducatur in charta recta LM & aſſumto in ea puncto A applicetur centrum inſtrumenti transportatorii & fiant anguli *i*, *x*, *m*, *r* angulis declinationum, rectarum *ab*, *ac*, *ad*, *ae* æquales (§. 155) atque ex harum longitudine per ſcalam modicam determinetur longitudo ipſarum AB, AC, AD, AE, (§. 279).

Dico figuram ABCDE eſſe alteri *abcde* ſimilem.

DEMONSTRATIO.

In campo acus magnetica ſemper eidem lineæ reſpondet in plano horizontali imaginario mundi, quod immobile eſt, etſi diverſis in pyxide ſucceſſive immineat. Lineam iſtam deſignet in charta recta LM & punctum A centrum acus, ex quo deſcriptus eſt circulus. Quodſi jam linea meridiana pyxidis admovetur lateri AB, erit principium numerationis in *g* & acus indicabit in *f* quantitatem anguli *i*. In inſtrumento transportatorio initium numerandi fit in *f* & ſi arcus *fg* declinationi in campo obſer-

Tab. VI. Fig. 104.

PROBLEMA 34.

338. *Super data recta CD quadratum conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. In C erigatur perpendicularis AC(§.249)=CD.
2. Ex D & A intervallo ipſius CD fiat interſectio in B (§.197).
3. Ducantur AB & DB.

DEMONSTRATIO.

AC=CD=AB=BD, *per conſtr.* Ducta ergo diagonali AD, patet eſſe C=B (§. 204). Sed C rectus eſt, *per conſtr.* Ergo B etiam rectus (§.145), conſequenter o&x, item y & m ſemirecti (§. 241), adeoque o + x & x + m itidem recti. Quare figura eſt quadratum (§.98). *Q. e. d.*

Aliter.

1. In C & D erigantur perpendiculares CA & DB ipſi CD æquales (§.249).
2. Ducatur recta AB.

DEMONSTRATIO.

Eſt enim CA=DB=CD, *per conſtr.* & quoniam AC & BD perpendiculares ad CD *per conſtr.* anguli ad D & C ſunt recti (§.78) adeoque BA parallela ipſi DC (§. 226), conſequenter anguli A & B ſunt recti (§.233) & ob parallelas AC & BD (§.256) AB=CD (§. 238). Eſt igitur ABCD Quadratum (§.98). *Q. e. d.*

PROBLEMA 35.

339. *Datis duabus rectis MI & IK rectangulum parallelogrammum ſeu oblongum conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. Jungantur MI & IK ad angulos rectos (§.249). Tab. VI. Fig. 105.
2. Ex M intervallo ML=IK deſcribatur arcus & ex K intervallo KL=IM alius priorem interſecans in L (§.197).
3. Ducantur rectæ ML & KL.

DEMONSTRATIO.

MI=KL & ML=IK, *per conſtruct.* Eſt ergo MIKL parallelogrammum (§.335), conſequenter I=L & I+M ac I+K=duobus rectis (§.337). Sed I eſt rectus, *per conſtr.* Ergo & L (§.145), itemque M & K recti ſunt. Eſt ergo figura conſtructa oblongum (§.100). *Q. e. d.*

PROBLEMA 36.

340. *Data recta GH una cum angulo obliquo G rhombum conſtruere.* Tab. VI. Fig. 106.

RESOLUTIO.

1. Ad rectam datam GH conſtituatur in G angulus dato æqualis (§.208).

2. Fiat

2. Fiat GE = GH & reliqua peragantur ut in probl. 34. (§.338).

DEMONSTRATIO.

EG=EF=FH=HG, *per conſtruct.* Eſt ergo EFHG parallelogrammum (§.335), conſequenter G=F & G+H ac G+F= duobus rectis (§.337). Sed G eſt angulus obliquus *ex hypotheſi*: Ergo & F, conſequenter etiam E & H ſunt obliqui. Adeoque figura conſtructa rhombus eſt (§.99). *Q. e. d.*

PROBLEMA 37.

Tab. VI. Fig. 103. 341. *Datis duabus rectis O N & OP una cum angulo intercipiendo O rhomboidem conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. Jungantur rectæ ON & OP ſub angulo dato (§.208).
2. Reliqua peragantur ut in probl. 35 (§.339).

DEMONSTRATIO.

Eadem eſt, quæ problematis præcedentis.

THEOREMA 76.

Tab. VI. Fig. 107. 342. *Si peripheria circuli dividatur in partes quotcunque æquales ducanturque ſubtenſæ AB, BC, CD &c. figura circulo inſcripta regularis eſt.*

DEMONSTRATIO.

Cum enim arcus AB, BC, CD &c. ſint æquales, *per hypoth.* etiam chordæ cognomines æquales ſunt (§.289) cumque anguli A, B, C &c. æqualibus arcubus BDE, CDA, DEB &c. inſiſtant, ipſi quoque æquales ſunt (§.315). Figura igitur circulo inſcripta regularis eſt (§.106). *Q. e. d.*

PROBLEMA 38.

343. *Invenire ſummam omnium angulorum in quocunque polygono.*

RESOLUTIO.

1. Multiplicentur 180° per numerum laterum.
2. A producto ſubtrahantur 360°: reſiduum eſt ſumma quæſita.

E. gr. Pentag.	180	Hexag.	180
	5		6
	900		1080
	360		360
	540		720

DEMONSTRATIO.

Tab. VI. Fig. 107. Quælibet figura ex aſſumto in ea puncto F in tot triangula AFB, BFC, CFD &c. reſolvitur, quot habet latera AB, BC, CD &c. Si ergo 180 per numerum laterum multiplices, prodit ſumma omnium angulorum in dictis triangulis (§. 240). Sed anguli circa punctum F, qui non pertinent

2. Ex puncto concurſus F deſcribatur radio EF circulus (§. 131).

DEMONSTRATIO.

Quoniam *o* & *u* ſunt angulorum polygoni dimidii, *per conſtruct.* erit $o = u$ (§. 106 *Geom.* & §. 94 *Arithm.*), conſequenter EF = FD (§. 253). Circulus adeo tranſiens per E tranſit etiam per D (§. 40). Ducatur jam ex F in A recta FA (§. 121). Quoniam $o = x$, *per conſtr.* ED = AE (§. 106) & EF = EF; erit AF = FD (§. 179). Ergo circulus tranſiens per D & E tranſit etiam per A (§. 40). Porro quia AF = EF, *per demonſtr.* erit $m = x$ (§. 184). Sed *x* dimididius angulus polygoni, *per conſtr.* Ergo & *m* (§. 87 *Arithm.*), conſequenter etiam *y*. Quare ſi ducatur FB (§. 121); erit ut ante FB = EF, adeoque radius circuli. Eodem modo oſtenditur, FC & ſi quæ plures fuerint rectæ iſtiusmodi, eſſe radios circuli, adeoque circulum tranſire per omnes angulos polygoni, hoc eſt, eidem circumſcribi (§. 116). *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

348. Omnis ergo figura regularis eſt circulo inſcriptibilis (§. 216).

PROBLEMA 49.

349. *Invenire angulum in dato polygono regulari.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Concipiatur polygonum regulare ABCDE circulo inſcriptum (§. 348). Quoniam arcus dimidius BCDE eſt menſura anguli quæſiti A (§. 314); arcus vero AB, qui ipſius EAB dimidius, habetur circuli peripheria per numerum laterum diviſa (§. 289); angulus polygoni A relinquitur, ſi arcum AB a ſemicirculo ſubtraxeris. *Q. e. i. & d.*

E. gr. Quæratur angulus pentagoni. Dividatur 360 per 5, quotus 72 eſt arcus AB, qui ex 180 ſubductus relinquit 108 angulum pentagoni quæſitum.

THEOREMA 77.

350. *Quadrilateri circulo inſcripti GHIK anguli bini oppoſiti H & K, item G & I conficiunt duos rectos.* Tab. VI. Fig. *

DEMONSTRATIO.

Inſiſtunt enim junctim ſumti integro circulo, e. gr. K arcui GHI & H complemento ejus ad circulum GKI (§. 56), adeoque ipſorum menſura eſt ſemicirculus (§. 314). Sunt ergo duobus rectis æquales (§. 143). *Q. e. d.*

PROBLEMA 41.

351. *Circulo quadratum circumſcribere.* Tab. VI. Fig. 109.

RESOLUTIO.

1. Ducantur diametri AB & DE ſe mutuo in centro C ad angulos rectos ſecantes (§. 210).

Digitized by Google

2. Ex A, E, B, D intervallo radii fiant interſectiones in F, G, H, I.

3. Ducantur rectæ FG, GH, IH & IF. Erit FGHI quadratum circulo circumſcriptum.

DEMONSTRATIO.

Anguli ad A, E, B, D ſunt recti (§. 338) adeoque FG, GH, HI & IF circulum tangunt (§. 304). Sunt vero anguli G, F, I, H recti (§. 338) & FG = GH = HI = FI = 2 AC *per conſtr.* Ergo FGIH eſt quadratum (§. 98) idque circulo circumſcriptum (§. 117). *Q. e. d.*

PROBLEMA 42.

352. *Super data recta ED polygonum regulare quodcunque deſcribere.*

RESOLUTIO.

Tab. VI. Fig. 107. 1. Quæratur angulus polygoni (§. 344. 349).

2. Fiat in E ipſi æqualis (§. 155) & EA = ED.

3. Per puncta A, E, D deſcribatur circulus (§. 294).

4. In ea applicetur data recta ED, quoties fieri poteſt.

Ita deſcribetur figura quæſita (§. 342. 345).

Aliter.

1. In E & D fiant anguli dimidio angulo polygoni ſigillatim æquales (§. 155), quorum crura EF & DF ſe mutuo ſecabunt in F (§. 262).

2. Ex F tanquam centro radio EF deſcribatur circulus, qui erit circulus polygono circumſcriptus (§. 347).

3. Reliqua abſolvantur ut ante.

PROBLEMA 43.

353. *Circulo dato polygonum regulare quodcunque inſcribere.*

RESOLUTIO.

1. Dividantur 360 per numerum laterum, ut innoteſcat quantitas anguli EFD (§. 59). Tab. VI.

2. Conſtruatur is ad centrum (§. 155). Fig. 107.

3 Chorda ED ad peripheriam toties applicetur, quoties fieri poteſt.

Ita figura regularis erit circulo inſcripta (§. 342. 117). *Q. e. f. & d.*

SCHOLION.

354. *Reſolutio problematis præſentis & præcedentis mechanica quidem eſt, cum ad conſtructionem inſtrumento transportatorio utamur* (§. 155): *non tamen ideo contemnenda, tum quia univerſalis & facilis, tum quia conſtructionis rite peractæ indicium præbet. Pentagoni, Decagoni & Quindecagoni conſtructionem tradunt* Euclides (l) & Ptolemæus (m): *de qua in Analyſi. Equidem & heptagoni, enneagoni & hendecagoni conſtructiones Geometricæ paſſim apud Autores, practicos inprimis, occurrunt; ſed* [illegible] *arigare*

(l) Elem. 4. prop 11. 16 & Elem. 13. prop. 10.

(m) Almag lib. 1. c. 9. f. m. 8; conf. Joannes Regiomontanus in epitome hujus Almag. lib. 1. prop. 8.

a rigore demonſtrationum abhorrent. Joh. Carolus Renaldinus (n) *omnium polygonorum deſcribendorum regulam catholicam præſcribit, paſſim Geometris practicis inſertam: ſed quantum fallat*, Cl. Wagnerus, Mathemat. in Academia Helmſtad. Profeſſor, *oſtendit* (o) *& nos inferius in Analyſi oſtendemus.*

PROBLEMA 44.

355. *Polygonum regulare quodcunque circulo circumſcribere.*

RESOLUTIO.

Tab. VI. Fig. 107.

1. Inſcribatur figura regularis ſimilis circulo dato, v. gr. pentagonum ABCDE, ſi pentagonum *abcde* circumſcribendum (§. 353).
2. Chorda AB bifariam ſecetur in H per rectam F*h* ad eandem in H normalem (§. 210), quæ arcum cognominem in *h* ſecat.
3. Per A & B producantur radii FA & FB.
4. Per h ducatur ipſi AB parallela radiis continuatis in *a* & *b* occurrens: erit ab latus unum polygoni circumſcripti.
5. Producantur radii FE, FD, FC, donec fiat F*e* = F*d* = F*c* = F*a* & puncta *a*, *e*, *d*, *c*, *b* connectantur rectis *ae*, *ed*, *dc*, *cb*: erit *abcde* polygonum circulo circumſcriptum. *Q. e. f.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam *ab* parallela ipſi AB *per conſtruct.* erit angulus F*ha* = FHA (§. 233). Sed ob FH ad AB perpendicularem *per conſtruct.* FHA rectus eſt (§. 78). Ergo etiam F*ha* rectus (§. 145), conſequenter *ab* circulum in *h* tangit (§. 78. 304). Eſt vero etiam angulus F*ab* = FAB (§. 233), adeoque dimidius angulus polygoni (§. 347). Porro quoniam AB = AE *per conſtruct.* & FA = FE = FB (§. 40); erit angulus *b*F*a* = *a*F*e* (§. 204). Quare cum etiam ſit F*a* = F*e per conſtruct.* & ob F*ab* = F*ba per demonſtrata*, rectos ad *h* & latus F*h* utrique triangulo F*ah* & F*hb* commune F*b* = F*a* (§. 252); erit *ae* = *ab* & F*ae* = F*ab* (§. 179), conſequenter *a* angulus polygoni, e. gr. in noſtro caſu pentagoni. Eodem modo oſtenditur, angulos quoque *e*, *d*, *c*, *b* eſſe angulos polygoni circumſcribendi & *ed* = *dc* = *cb* = *ab*. Quod vero etiam *ae* circulum in G tangat, ita demonſtratur. Demittatur ex F perpendicularis ad *ae* (§. 216); erit angulus ad *g* rectus (§. 78). Quoniam porro F*ah* = F*ag per demonſtrata*, & F*a* = F*a*; erit F*h* = F*g* (§. 252). Quare cum F*h* ſit radius circuli *per conſtruct.* erit etiam Fg radius circuli (§. 40), atque

(n) lib. 2 de Reſolut. & compoſit. Mathem. f. 367. (o) in peculiari diſſertatione Helmſtadii 1700 habita.

Digitized by Google

que adeo *ae* circulum in *g* tangit (§. 304). Idem eodem modo oſtenditur *de* rectis *ed*, *dc*, *bc*: Polygonum itaque *abcde* circulo eſt circumſcriptum (§.117). *Q. e. d.*

Tab. VI. Fig. 110.

THEOREMA 78.

356. *Latus hexagoni AB aequatur radio circuli circumſcripti AC.*

DEMONSTRATIO.

Angulus C = 60° (§. 57). Ergo A + B = 120° (§. 245), conſequenter ob AC = BC (§. 40) A = B = 60° (§. 184). Quare △ ACB aequilaterum (§. 254), conſequenter AB = AC (§. 88). *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

357. Hexagonum regulare circulo inſcribitur, ſi radius ad peripheriam ſexies applicetur.

COROLLARIUM. 2.

358. Si ſuper linea data AB hexagonum deſcribendum; triangulum aequilaterum ACB conſtruitur (§. 198): eſt enim vertex C centrum circuli hexagono quaeſito circumſcribendi (§. 356).

Tab. VI. Fig. 111.

PROBLEMA 45.

359. *Datis omnibus lateribus figurae cujuscunque & tot diagonalibus, quot ſunt latera, demtis tribus, figuram conſtruere.*

RESOLUTIO.

Cum figura qualibet ABCDE per diagonales AC & AD in tot triangula BAC, CAD, DAE reſolvatur, quot ſunt latera, demtis tribus; non alia re opus eſt, quam ut unum triangulum ſuper altero excitetur (§. 205).

Tab. VI. Fig. 112.

PROBLEMA 46.

360. *Datis omnibus lateribus figurae & tot angulis, quot ſunt latera, demtis tribus, figuram conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. Ducatur recta AB uni datorum laterum aequalis.
2. Ad A & B excitentur anguli eidem adjacentes (§. 155) & latera AE & BC per data debite determinentur.
3. Fiat porro in C angulus conveniens (§. 155) & determinetur latus DC &c.
4. Tandem ex E & D fiat interſectio in F intervallo laterum EF & FD.

Ductis enim DF & EF, figura terminabitur eritque aequalis quaeſitae (§. 161. 177).

Eodem modo conſtrui poſſunt figurae regulares ex latere & angulo dato (§. 106).

COROLLARIUM.

361. Si omnes anguli praeter unum F dentur, duo latera DF & FE ut dentur opus non eſt.

SCHOLION.

362. *Tyrones ut ſe exerceant in figuris irregularibus deſcribendis, lineas pro arbitrio in pedibus ac digitis, quantitates angulorum in gradibus aſſumere debent.*

Quod-

Quodſi contingat, figuram non terminari, id indicio erit, caſum eſſe impoſſibilem, adeoque vel in angulorum, vel linearum quantitate quadam erunt immutanda.

PROBLEMA 47.

363. *Areæ cujusdam campeſtris* Tab. VI. Fig. 111. *rectilineæ abcde libere permeabilis ignographiam perficere, hoc eſt, figuram areæ campeſtri ſimilem deſcribere.*

RESOLUTIO.

1. Inveſtigetur longitudo ſingulorum laterum *ab*, *bc*, *cd*, *de*, *ea*, itemque diagonalium *ac* & *ad* (§.126).
2. Conſtruatur figura ABCDEA (§.359) juxta ſcalam geometricam minorem (§.279).

Dico figuram ABCDE eſſe figuræ campi *abcde* ſimilem.

DEMONSTRATIO.

Eſt enim $AB:BC = ab:bc$, $BC:CD = bc:cd$, $CD:DE = cd:de$ &c. Etenim e. gr. *ab* 6 & *bc* 7 pedum in campo exiſtentibus, etiam $AB = 6$ & $BC = 7$ in charta *per conſtr.* Quare cum porro ſit $AC:AB = ac:ab$, $AC:AD = ac:ad$, $AD:AE = ad:ae$ &c. *per conſtr.* erit $o = o$, $x = x$, $y = y$, $n = n$, $m = m$, $r = r$, $u = u$, $s = s$, $t = t$ (§.207), conſequenter $x + m + r = x + m + r$, $y + n = y + n$, $u + s = u + s$ (§. 88 *Arithm.*). Quamobrem figura ABCDE eſt figuræ campi *abcde* ſimilis (§.175). *Q. e. d.*

Aliter.

1. Poſita menſula ita in uno figuræ angulo ut punctum *a* vertici ejus immineat, per dioptras regulæ affixas collineatio fiat in baculos in ſingulis angulis B, C, D, E defixos ducanturque lineæ indefinitæ *ab*, *ac*, *ad*, *ae*. Tab. VI. Fig. 113.
2. Inveſtigetur longitudo rectarum *a*B, *a*C, *a*D, *a*E (§. 126) &
3. Exinde juxta ſcalam modicam (§.279) determinentur *ab*, *ac*, *ad*, *ae*.
4. Ducantur *bc*, *cd*, *de*.

Dico *abcde* eſſe ſimilem figuræ ABCDE.

DEMONSTRATIO.

Quoniam in ΔΔ *abc* & *a*BC angulus *a* communis & $ab:ac = aB:aC$ *per conſtr.* erit angulus $abc = aBC$ & $acb = aCB$, nec non $ab:bc = AB:BC$ & $ac:bc = AC:BC$ (§. 237). Similiter quoniam in ΔΔ *acd* & *a*CD angulus *a* communis & $ac:ad = aC:aD$, atque in ΔΔ *dae* & D*a*E angulus *a* itidem communis & $ad:ae = aD:aE$ *per conſtruct.* erit angulus $acd = aCD$ & $adc = aDC$, nec non $ac:cd = aC:cD$ & $ad:dc = aD:cD$, itemque angulus $ade = aDE$ &

$acd = a$FD, nec non $ad : de = a$D : DE & $ae : ed = a$E : ED (§. 237). Quoniam itaque $a = a$, $b =$ B, $acb + acd = a$CB + aCD, h. e. $c =$ C, $adc + ade = a$DC + aDE, h. e. $d =$ D & denique $e =$ E *per demonſtrata*, figuræ *abcde* & aBCDE inter ſe æquiangulæ ſunt (§. 109). Porro cum ſit $ac : bc = a$C : BC & $ac : cd = a$C : CD *per demonſtr.* erit etiam $bc : cd =$ BC : CD (§. 196 *Arithm.*) & cum ſit $ad : dc = a$D : DC & $ad : de = a$D : DE *per demonſtr.* erit denuo $dc : de =$ DC : DE. Quamobrem cum quoque ſit $ab : bc = a$B . BC & $ae : ed = a$E : ED *per demonſtrata*; latera æquales angulos comprehendentia proportionalia ſunt. Sunt itaque figuræ *abcde* & aBCDE ſimiles (§. 175). *Q. e. d.*

Aliter.

Tab. VI. Fig. 114.

1. Menſula intra figuram poſita eligatur punctum f, ex quo per dioptras regulæ affixas ut ante collineatio fiat in baculos in A, B, C, D & E defixos ducanturque rectæ indefinitæ fa, fb, fc, &c.
2. Inveſtigetur longitudo rectarum fA, fB, fC, fD, fE (§. 126).
3. Inde determinetur longitudo rectarum fa, fb, fc &c. juxta ſcalam modicam (§. 279).
4. Tandem ducantur ab, bc, bd, &c.

Dico $abcdeg$ eſſe figuræ ABCDEG ſimilem.

DEMONSTRATIO.

Angulus f utrique △ fab & fAB communis, eſtque $fa : fb = f$A : fB *per conſtr.* Ergo anguli ad a & A, item ad b & B æquales ſunt atque $fa : ab =$ fA : AB (§. 237). Eodem modo oſtenditur eſſe in △△ fga & fGA angulos ad a & A æquales, atque $fa : ag =$ FA : AG, conſequenter $ab : ag =$ AB : AG (§. 196 *Arithm.*) & angulus $bag =$ BAG (§. 86 *Arithm.*). Quare cum eadem ratione demonſtretur, eſſe $g =$ G, $e =$ E, $d =$ D, $c =$ C, $b =$ B & $ag : ge =$ AG : GE, $ge : ed =$ GE : ED, $ed : dc =$ ED : DC, $dc : cb =$ DC : CB & $cb : ba =$ CB : BA, figura $abcdeg$ eſt majori ABCDEG ſimilis (§. 175). *Q. e. d.*

Aliter.

1. Collocato inſtrumento goniometrico in a inveſtigetur quantitas angulorum x, m, r (§. 152) & longitudo rectarum ab, ac, ad & ae (§. 126). Tab. VI. Fig. 111.
2. Conſtruantur juxta ſcalam modicam △△ ABC, ACD & ADE (§. 180).

Dico ABCDE eſſe ſimilem figuræ *abcde*.

DE-

DEMONSTRATIO.

Coincidit cum ſecunda problematis præſentis.

Aliter.

1. Collocato inſtrumento goniometrico in f, inveſtigetur quantitas angulorum A*f*B, B*f*C, C*f*D, D*f*E, E*f*G, G*f*A (§. 152) & longitudo rectarum fA, fB, fC, fD, fE, fG (§. 126).
2. Conſtruantur ut ante juxta ſcalam modicam ΔΔ *bfa*, *agf*, *fge*, *efd*, *dfc* & *cfb* (§. 180).

Dico *abcdeg* eſſe ſimilem figuræ ABCDEG.

DEMONSTRATIO.

Coincidit cum tertia problematis præſentis.

Aliter.

Tab. VI. Fig. 111.
1. Pyxis cum acu magnetica, cujus margo in 360 gradus diviſa & quæ in cardine meridiei ac ſeptentrionis dioptris inſtructa, ita collocetur in *a*, ut ejus centrum ipſi *a* immineat & per dioptras collineanti baculus in *b* defixus occurrat, noteturque angulus declinationis acus a linea meridiana pyxidis ipſi *a b* imminente verſus ortum vel occaſum.
2. Pyxidis dioptræ convertantur ſucceſſive ad baculos in *c*, *d* & *e* defixos, notenturque ut ante in ſingulis caſibus anguli declinationis.
3. Inveſtigetur longitudo rectarum *a b*, *a c*, *a d*, *a e* (§. 126).
4. Ducatur in charta recta LM & aſſumto in ea puncto A applicetur centrum inſtrumenti transportatorii & fiant anguli *i*, *x*, *m*, *r* angulis declinationum, rectarum *ab*, *ac*, *ad*, *ae* æquales (§. 155) atque ex harum longitudine per ſcalam modicam determinetur longitudo ipſarum AB, AC, AD, AE, (§. 279).

Dico figuram ABCDE eſſe alteri *abcde* ſimilem.

DEMONSTRATIO.

In campo acus magnetica ſemper eidem lineæ reſpondet in plano horizontali imaginario mundi, quod immobile eſt, etſi diverſis in pyxide ſucceſſive immineat. Lineam iſtam deſignet in charta recta LM & punctum A centrum acus, ex quo deſcriptus eſt circulus. Quodſi jam linea meridiana pyxidis admovetur lateri AB, erit principium numerationis in *g* & acus indicabit in *f* quantitatem anguli *i*. In inſtrumento transportatorio initium numerandi fit in *f* & ſi arcus *fg* declinationi in campo obſer-

rallela ipſi Ia *per conſtruct.* erit etiam ML ipſi Na parallela (§.232), conſequenter NKA = EAL (§. 233), ac ideo EAL = bca (§. 87 *Arithm.*). *Quod erat alterum.*

Aliter.

Tab. VII. Fig. 115. 1. Charta ſuper menſula expanſa ex centro o deſcribatur circulus.

2. In eodem defigatur ſtylus, cui inſeratur regula cum dioptris.

3. Collineetur in ſingulos areæ angulos A, B, C &c. notenturque in peripheria circuli puncta diametraliter oppoſita *a* & *a*, *b* & *b*, *c* & *c* &c.

4. Inveſtigetur longitudo rectarum oA, oB, oC &c. (§. 126).

Tab. VII. Fig. 116. 5. Charta a menſula remota alteri mundæ coextendatur in tabula & Parallelismus ad *aa* applicatus arbitrario intervallo aperiatur, donec in charta munda ipſi parallela AA commode duci poſſit (§. 258.)

6. Idem Parallelismus applicetur ad *b b* & eo usque aperiatur, donec recta BB huic parallela ducta alteram AA ipſi *aa* parallelam in puncto commodo O interſecet.

7. Applicetur porro ſucceſſive ad rectas *c c*, *d d*, *e e*, quæ confuſionis evitandæ gratia in ſchemate non omnes ſunt expreſſæ, & aperiatur uſque ad punctum interſectionis O ipſis *aa* & *bb* parallelarum, ducanturque per idem dictis *cc*, *dd*, *ee* parallelæ CC &c.

8. Tandem ex puncto interſectionis O convenienter determinetur longitudo rectarum ipſis oA, oB, oC &c. reſpondentium juxta ſcalam modicam (§. 279). Ita enim ut ſupra ichnographiam abſolvere licebit.

DEMONSTRATIO.

Coincidit cum tertia probl. præſ. modo demonſtretur, ſi plures lineæ *aa*, *bb*, *cc* &c. ſe interſecent in o & his ducantur totidem aliæ parallelæ AA, BB, CC &c. ſe itidem in O interſecantes; fore $y = m$, $x = n$, $z = l$ &c. Quod facile patet. Continuetur enim BB, donec ipſi *aa* occurrat in *f*; continuentur etiam CC & *cc*, donec ipſis *bb* & AA occurrant in *g* & *k*. Erit ob parallelas *aa* & AA $m = f$ & ob parallelas *bb* & BB $y = f$ (§. 233), adeoque $m = y$ (§. 87 *Arithm.*). Similiter ob parallelas *bb* & BB $n = g$ & ob parallelas *cc* & CC $x = g$ (§. 233), adeoque $n = x$ (§. 87 *Arithm.*). Item ob parallelas Tab. VII. Fig. 116.

Digitized by Google

& verſus eos rectæ ducantur, quæ priores in *e*, *d*, *c* interſecant.

5. Denique jungantur puncta *a* & *c*, *e* & *d*, *d* & *c*, rectis *ae*, *ed*, *dc*.

Dico, ichnographiam eſſe abſolutam.

DEMONSTRATIO.

Quoniam 1. ABC = *abc* & CAB = *cab per conſtr.* erit AB : BC = *ab* : *bc* & AB : AC = *ab* : *ac* (§. 267). Similiter 2. quia EAB = *eab* & EBA = *eba per conſtr.* erit AEB = *aeb*, itemque EA : AB = *ea* : *ab* & EB : AB = *eb* : *ab* (§. *cit.*). Porro 3. cum ſit DAB = *dab* & DBA = *dba*; erit etiam DA : AB = *da* : *ab* & DB : AB = *db* : *ab* (§. *cit.*). 4. DBC = *dbc per conſtr.* &, quoniam DB : AB = *db* : *ab per num. 3.* atque AB : BC = *ab* : *bc per num. 1.* DB : BC = *db* : *bc* (§. 194 *Arithm.*). Ergo CDB = *cdb* atque BCD = *bcd* & BC : CD = *bc* : *cd*, nec non BD : CD *bd* : *cd* (§. 183). 5. DB : BC = *db* : *bc per demonſtrata n. 4.* & AB : BC = *ab* : *bc per num. 1.* Ergo DB : AB = *db* : *ab* (§. 195 *Arithm.*). Eſt vero etiam EB : AB = *eb* : *ab per num. 2.* Ergo DB : EB = *db* : *eb* (§. *cit.*). Quare cum etiam ſit DBE = *dbe per conſtruct.* erit BDE = *bde* & DEB = *deb* nec non DB : DE = *db* : *de* & DE : EB = *de* : *eb* (§. 183). 6. BD : CD = *bd* : *cd per num. 4.* & DB : DE = *db* : *de per num 5.* Ergo CD : DE = *cd* : *de* (§. 196 *Arithm.*). 7. EB : AB = *eb* : *ab per num. 1.* & DE : EB = *de* : *eb per num. 5.* Ergo DE : AB = *de* : *ab* (§. 197 *Arithm.*). Quare cum porro ſit EA : AB = *ea* : *ab per num. 1.* erit DE : EA = *de* : *ea* (§. 195 *Arithm.*). 8. Quia CDB = *cdb per num. 4.* & BDE = *bde per num. 5.* erit CDE = *cde* (§. 86 *Arithm.*). 9. Similiter quia AEB = *aeb per num. 1.* & DEB = *deb per num. 5.* erit DEA = *dea* (§. 86 *Arithm.*). Cum itaque ſit EAB = *eab* & ABC = *abc per conſtr.* BCD = *bcd per num 4.* CDE = *cde per num. 8.* & DEA = *dea per num. 9*, atque præterea AB : BC = *ab* : *bc per num. 1.* BC : CD = *bc* : *cd per num. 4.* CD : DE = *cd* : *de per num. 6.* DE : EA = *de* : *ea per num. 7.* tandemque EA : AB = *ea* : *ab per num. 2.* figuræ ABCDE altera *abcde* ſimilis eſt (§. 175). *Q. e. d.*

Aliter.

1. In A inveſtigetur quantitas angulorum DAE, DAC & CAB, itemque ex B quantitas angulorum ABE, EBD & DBC (§. 152), quæraturque ſtationum diſtantia AB (§. 126). Tab. VII. Fig. 117.

 2. Du-

2. Ducta in charta recta *ab* per ſcalam modicam diſtantiæ ſtationum AB convenienter determinetur (§. 279).
3. In *a* conſtituantur angulis DAE, DAC, CAB æquales *dac*, *dac*, *cab*; in *b* vero ipſis ABE, EBD & DBC æquales *abc*, *ebd* & *dbc* (§. 155).
4. Tandem puncta interſectionum *b*, *c*, *d*, *e*, *a* rectis connectantur.

Dico *abcde* eſſe ſimilem areæ AB CDE.

DEMONSTRATIO.

Coincidit cum præcedente.

Aliter.

1. Ope pyxidis magneticæ obſerventur ut in probl. præc. ex duabus ſtationibus A & B declinationes linearum AB, AC, AD, AE itemque BC, BD, BE a linea meridiana acus.
2. Quæratur diſtantia ſtationum (§. 126).
3. In charta eodem modo, quo in probl. præc. determinetur ſitus rectarum *ab*, *ac*, *ad* &c. puncta interſectionum *c*, *d*, *e* rectis connectantur.

Ita ichnographia erit abſoluta.

DEMONSTRATIO.

Coincidit cum præcedente, modo una notentur, quæ in demonſtratione penultima problematis præcedentis dicta ſunt.

PROBLEMA 49.

368. *Ichnographiam areæ perficere, cujus integram peripheriam peragrare licet.*

RESOLUTIO.

1. Menſula in A collocata collinetur in baculos in B & E defixos, ut angulo BAE æqualis *bae* in eadem deſignari poſſit. Tab. VII. Fig. 117.
2. Longitudo utriusque rectæ AB & AE (§. 126) explorata ex ſcala minore transferatur in menſulam ex *a* in *b* & *e* (§. 279).
3. Menſula in B translocetur, ita ut ipſi B punctum cognomine in eadem reſpondeat & viſus per dioptras collineantis baculum in A attingat. Quo facto,
4. Idem dirigatur per easdem in C, quo ſicut ante angulo ABC æqualis *abc* & rectæ BC proportionalis *bc* in menſula deſignari poſſint.
5. Quodſi idem cum reliquis areæ angulis & lateribus fiat; erit figura in menſula delineata areæ propoſitæ ſimilis.

DEMONSTRATIO.

Singuli enim anguli figuræ in menſula delineatæ ſunt æquales ſingu-

Digitized by Google

ſingulis angulis areæ & latera illius lateribus hujus homologis proportionalia ſunt *per conſtr.* Figura igitur dilineata eſt areæ ſimilis (§. 175). *Q. e. d.*

Aliter.

Quæratur longitudo omnium laterum (§. 126) & quantitas tot angulorum, quot ſunt latera, demtis tribus (§. 152). His enim datis ichnographia *per probl. 46.* (§. 360), vi demonſtrationis præcedentis abſolvetur.

Aliter.

Tab. VII. Fig. 118. n. 1. 1. Notetur in ſingulis angulis figuræ A, B, C, D, E laterum AB, BC, CD, DE, AE declinatio a linea meridiana pyxidis magneticæ ut in probl. 47 (§. 363).

2. Quæratur ſimul longitudo laterum (§. 126).

n. 2. 3. In charta deſignetur linea *ab* & in eam transferatur ex ſcala modica longitudo lateris AB (§. 279).

4. Ad rectam *ab* applicetur latus pyxidis lineæ ejusdem meridianæ parallelum, ita tamen ut extremum ipſius ſeptentrionale ſeptentrionem reſpiciat & charta cum pyxide huc illucque moveatur, donec acus angulum declinationis debitum monſtret.

5. Charta immota idem latus pyxidis collocetur in *a* & circa id vertatur, donec angulum declinationis convenientem lateri AE indicet acus: ita enim rectam *ae* ducere & per ſcalam modicam ipſi AE proportionalem determinare licet.

6. Quodſi hæc operatio continuetur; ichnographia tandem abſolvetur.

DEMONSTRATIO.

Non aliud hic demonſtrandum eſt, quam angulum *bae* ope pyxidis magneticæ in charta ſic deſignatum eſſe alteri BAE in campo æqualem. Superius uſum pyxidis magneticæ nullis dioptris inſtructæ exponentes demonſtravimus, pyxide ad latus figuræ AB in campo ita applicata ut linea meridiana ejusdem ſit huic parallela, angulum declinationis acus eſſe ipſi BAM æqualem, ſi ML ita ducatur ope pyxidis, ut ejusdem lineæ meridianæ parallela exiſtat (§. 363). Eodem modo ex ibidem demonſtratis apparet, pyxide eadem lege ad latus figuræ AE applicata eſſe angulum EAL angulo declinationis acus in hoc ſitu æqualem. His jam datis ſi latus pyxidis lineæ meridia-

næ ejuſdem parallelum ad rectam ab in charta ductam applicetur & charta cum pyxide vertatur, donec acus in conveniente ſitu angulum declinationis eundem, quem in campo ad latus BA, monſtret; erit perinde baK eidem angulo declinationis æqualis. Similiter ſi eadem lege pyxis applicetur ad punctum a, donec acus angulum declinationi lateris AE convenientem monſtret & juxta ejus latus ducatur ae; erit angulus ea I angulo declinationis æqualis. Supponimus nempe rectam KI per a ea lege eſſe ductam, ut lineæ meridianæ pyxidis in plano mundi imaginario immobili reſpondeat centro in a collocato. Eſt igitur $1=I$ & $6=VI$ *per conſtruct.* Sed $1+7+6=180°$ & $I+VII+VI=180°$ (§.147), conſequenter $1+7+6=I+VII+VI$ (§. 87 *Arithm.*). Quare $7=VII$ (§. 91 *Arithm.*). *Q. e. d.*

Vel:

Tab. VII. Fig. 118. n. 2.

1. In charta ducantur lineæ quotcunque parallelæ.
2. Inſtrumentum transportatorium parallelismo inſtructum ad extimam parallelarum ita applicetur, ut centrum ſit in a, radius vero ipſi aK reſpondeat, noteturque punctum z, indicans in peripheria inſtrumenti gradum declinationis acus a linea meridiana pyxidis in campo ad punctum A.
3. Ab a per z ducatur recta & ex a in b transferatur ex ſcala modica longitudo rectæ AB in campo menſuratæ.
4. Regula parallelismi ſolitaria unam parallelarum ſtringente, altera cui cohæret inſtrumentum transportatorium promoveatur, donec hujus centrum ipſum b attingat & ad gradum declinationis in B obſervatæ deſignetur punctum y: quo facto, ut ante, rectam bc ducere licet.
5. Hac operatione continuata, integra areæ ichnographia tandem abſolvetur.

DEMONSTRATIO.

$1=I$, $2=II$, $3=III$, $4=IV$ & $5=V$ *per conſtr.* & quoniam recta per b ducta (quæ diametrum inſtrumenti transportatorii refert) ipſi aK parallela, *per conſtruct.* acus vero magnetica in B eſt parallela ſitui in A; erit $1=8$ & $I=VIII$. (§.233), conſequenter $8=VIII$ (§. 87 *Arithm.*). Simili modo oſtenditur eſſe $6=VI$. Quare cum ſit $1+7+6=I+VII+VI$ (§. 147 *Geom.* & §. 87 *Arithm.*); erit $7=VII$.

VII (*§*. 91 *Arithm.*). Porro 2 = II *per conſtr.* & 8 = VIII, *per demonſtr.* Ergo 8 + 2 = VIII + II (*§*. 88 *Arithm.*). Similiter 12 = 2 & XII = II (*§*. 233) & 3 = III, *per conſtr.* Quare cum ſit 12 + 9 + 3 = XII + IX + III (*§*. 147); erit 9 = IX (§. 91 *Arithm.*). Porro 4 = IV *per conſtr.* & hinc, cum ſit 10 = 3 & X = III (*§*. 233), adeoque ob 3 = III *per demonſtr.* 10 = X (*§*. 87 *Arithm.*), 4 + 10 = IV + X (§. 88 *Arithm.*). Denique 5 = V *per conſtr.* & 4 + 11 = IV + XI (*§*. 233 *Geom.* & *§*. 87 *Arithm.*) adeoque ob 4 = IV *per conſtr.* 11 = XI. Quare 5 + 11 = V + XI (*§*. 88 *Arithm.*). Singuli igitur anguli figuræ *abcde* ſunt æquales ſingulis angulis areæ ABCDE. Quare cum etiam latera illius lateribus hujus homologis proportionalia ſint *per conſtr.* figura *a b c d e* areæ ABCDE ſimilis (*§*. 175). *Q. e. d.*

PROBLEMA 50.

369. *Figuræ in charta delineatæ ſimilem in campo deſignare.*

RESOLUTIO.

Quoniam hoc problema eſt inverſum alterius, quo ichnographias arearum paramus; non modo tot ejus dantur caſus, quot hujus commemoravimus, ſed & ipſius reſolutio ex reſolutionibus problematum immediate præcedentium intelligitur. E. gr. Si ſemicirculo vel menſula & pertica utimur: anguli ſinguli figuræ aut anguli diagonalibus intercepti &c. in ſolo deſignantur *per probl.* 7 (*§*. 155) & latera vel diagonales &c. per menſuram majorem decenter determinantur.

CAPUT VI.

De
FIGURARUM DIMENSIONE AC DIVISIONE.

PROBLEMA 51.

370. *Invenire aream quadrati.*

RESOLUTIO.

1. Quæratur longitudo lateris (*§*. 126).

2. Hæc

2. Hæc ducatur in ſeipſam.
Factum exprimit aream Quadrati.

Sit e. gr. Latus quadrati = 345

```
           345
           345
          ----
          1725
         1380
        1035
        ------
erit Area = 119025
```

DEMONSTRATIO.

Tab. VII. Fig. 119. Aream quadrati inveſtigans quærit, quot digiti quadrati, hoc eſt, quot quadratula digitum longa & lata in eodem contineantur (§. 118). Evidens vero eſt, ſi latus quadrati AB concipiatur in quotcunque partes æquales & quadratum ipſum per rectas puncta diviſionum in lateribus oppoſitis connectentes in quadrata minora diviſum; tot eſſe quadratulorum ſeries, quot partes habet latus AB & in qualibet ſerie tot reperiri quadratula, quot latus BC, vel idem AB habet partes. Numerus ergo quadratulorum invenitur, ſi latus in ſeipſum ducatur. *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

371. Si latus quadrati fuerit 10, area erit 100. Cum igitur decempeda ſit 10 pedum, pes 10 digitorum &c. (§. 25); pertica quadrata 100 pedes quadratos; pes quadratus 100 digitos quadratos &c. continet (§. 118).

COROLLARIUM 2.

372. Si latus quadrati fuerit 12, area erit 144. Quare cum pertica dividatur in 12 pedes; pes in 12 digitos &c. pertica quadrata continet 144 pedes quadratos; pes quadratus 144 digitos quadratos, &c. (§. 118).

COROLLARIUM 3.

373. Datus igitur numerus in priori caſu facile in digitos, pedes & perticas quadratas reſolvitur, ſi ſcilicet a dextra ſiniſtram verſus duæ notæ digitis, duæ pedibus reſecentur: quæ enim ſiniſtram verſus reſiduæ fiunt, perticis cedunt. E. gr. 119025 digiti conficiunt 11 perticas, 90 pedes, 25 digitos.

COROLLARIUM 4.

374. Quadrata ſunt inter ſe in ratione duplicata laterum (§. 159 *Arithm.*). E. gr. Quadratum lateris dupli eſt quadruplum quadrati lateris ſimpli. Et quadrata æqualia ſunt, quorum latera æqualia ſunt.

PROBLEMA 52.

375. *Invenire aream rectanguli ABCD.* Tab. VII. Fig. 120.

RESOLUTIO.

1. Inveſtigetur longitudo laterum AB & AC (§. 126).
2. Ducatur AB in AC. Factum erit area rectanguli.

E. gr.

Digitized by Google

E. gr. Sit AB = 345″
AC = 123

1035
690
345

erit Area = 42435

DEMONSTRATIO.

Eadem eſt, quæ problematis præcedentis.

COROLLARIUM 1.

376. Rectangula ſunt in ratione compoſita ſuorum laterum AB & AC (§. 159 *Arithm.*).

COROLLARIUM 2.

377. Si ergo fuerint tres lineæ continue proportionales, quadratum mediæ rectangulo extremarum æquale eſt (§. 298 *Arithm.*)

COROLLARIUM 3.

378. Si quatuor fuerint lineæ rectæ proportionales; rectangulum ſub extremis æquatur rectangulo ſub mediis (§. 297 *Arithm.*)

COROLLARIUM 4.

Tab. 379. Quare ſi ex eodem puncto A
VI. ducantur duæ rectæ, quarum altera AD
Fig. circulum tangit, altera AB ſecat; erit
102. quadratum tangentis AD rectangulo ſub ſecante AB & ejus portione extra circulum AC æquale (§. 334 & 377).

COROLLARIUM 5.

Tab. 380. Si duæ vel plures ſecantes GL
VI. & GM ex eodem puncto G ducantur,
Fig. erunt rectangula ſub totis & ejus por-
97. tionibus extra circulum æqualia (§. 333 & 379).

(Wolfii Math. Tom. I.)

COROLLARIUM 6.

381. Si duæ chordæ HM & LI ſe Tab.
mutuo ſecent in K; erunt rectangula ſub I.
ſegmentis inter ſe æqualia (§. 332: 378). Fig.

COROLLARIUM 7. 14.

382. Cum orgya, qua lignorum ſtrues metimur, vel quadrati, vel rectanguli figuram habeat; ejus area *per probl. præc. vel præſ.* inveniri poteſt. Per hanc itaque ſi factum ex longitudine in latitudinem ſtruis dividatur; quotus indicat, quot ipſa orgyas contineat (§ 69 *Arithm.*).

THEOREMA 79.

383. *Duo parallelogramma AB* Tab.
DC & ECDF ſuper eadem baſi CD VII.
& inter easdem parallelas AF & Fig.
CD conſtituta ſunt inter ſe æqualia. 121.

DEMONSTRATIO.

Quoniam AB & CD, itemque EF & CD ſunt latera oppoſita parallelogrammi *per hypoth.* erit AB = CD & EF = CD (§. 335), conſequenter AB = EF (§. 87 *Arithm.*) & hinc porro AE = BF (§. 88 *Arithm.*). Quoniam porro AC = BD & EC = DF (§. 335); erit △ ACE = △ BFD (§. 204), adeoque ABGC = FEGD (§. 91 *Arithm.*), conſequenter ABDC = EFDC (§. 88 *Arithm.*) *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

384 Quoniam AF & CD ſunt parallelæ *per hypoth.* erunt perpendicula inter eas intercepta æqualia (§. 226): quæ cum ſint altitudines parallelogrammorum (§ 227);

Digitized by Google

parallelogramma inter easdam parallelas conſtituta ejusdem altitudinis ſunt. Patet adeo parallelogramma ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis æqualia eſſe (§. 383).

COROLLARIUM 2.

Tab. VII. Fig. 121. 385. Ergo & triangula ſuper eadem baſi, & ejusdem altitudinis æqualia ſunt. Nam ▭ ACDB = ▭ ECDF (§. 384), ſed △ ACD = ½ ▭ ACDB & △ FCD = ½ ▭ ECDF (§. 337). Ergo △ ACD = △ FCD (§ 94 *Arith.*)

COROLLARIUM 3.

386. Quodcunque adeo triangulum CFD eſt dimidium parallelogrammi ACDB ſuper eadem vel æquali baſi CD & ejusdem altitudinis, ſeu intra easdem parallelas. Nam △ ECF = △ ACD (§. 337). Sed △ ACD = ½ ▭ ACDB (§. 355). Ergo △ ECF = ½ ▭ ACDB (§. 87 *Arithm.*).

PROBLEMA 53.

387. *Invenire aream rhombi & rhomboidis ſeu parallelogrammi obliquanguli.*

RESOLUTIO.

Tab. VII. Fig. 122. 1. In CD pro baſi aſſumtam demittatur perpendiculum AE (§. 216), quæ erit altitudo parallelogrammi (§. 227).

2. Multiplicetur baſis per altitudinem.

E. gr. Sid CD = 4°5′6″
AE = 2 3 4
1 8 2 4
1 3 6 8
9 1 2
Erit Area = 10° 67′ 04″

DEMONSTRATIO.

Parallelogrammum obliquangulum æquatur rectangulo ſuper eadem baſi CD & ejusdem altitudinis CE (§. 384). Sed area rectanguli æquatur facto ex baſi in altitudinem (§. 375 & 229). Ergo eidem æqualis eſt area parallelogrammi obliquanguli (§. 87 *Arithm.*) *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

388. Parallelogramma ſunt in ratione compoſita altitudinum & baſium (§. 159 *Arithm.*), adeoque & triangula eorum dimidia (§. 386) in eadem exiſtunt (§. 181 *Arithm.*).

COROLLARIUM. 2.

389. Ergo ſi altitudines ſunt æquales, baſium; ſi baſes ſunt æquales, altitudinum rationem habent (§. 181 *Arithm.*).

COROLLARIUM 3.

390. Parallelogramma æqualia baſes & altitudines reciprocant (§. 299 *Arithm.*).

THEOREMA 80.

391. *Triangulum eſt æquale parallelogrammo ſuper eadem baſi ſed dimidiæ altitudinis, itemque parallelogrammo ſuper dimidia baſi & ejusdem altitudinis.*

DEMONSTRATIO.

Sit AEFB parallelogrammum rectangulum, cum obliquangulo cuicunque ſuper eadem baſi Tab. VII. Fig. 123.

AB

AB & intra eaſdem baſi parallelas AB & EF exiſtenti æquale ſit (§. 383) atque adeo eidem ſalva quantitate ſubſtitui poſſit (§. 15 *Arithm.*). Jam

I. Si triangulum ADC fuerit rectangulum, aſſumta AD pro baſi, erit CD altitudo; ſumta vero DC pro baſi; erit AD altitudo (§. 228). Jam cum altitudo parallelogrammi rectanguli AE (§. 229) ſit altitudini dimidiæ trianguli CG æqualis *per hypoth.* & angulus ad D ſit rectus (§. 91) adeoque ob EF & AB parallelas (§. 102) is ad G ſimiliter rectus (§. 233), ac præterea angulus ad E itidem rectus (§. 100), & hinc G = E (§. 145); ſint vero etiam verticales ad H æquales (§. 156): erit ΔCGH = ΔEHA (§. 252), conſequenter EGDA = Δ ACD (§. 88 *Arithm.*). *Q. e. d.*

II. Si triangulum ACB fuerit obliquangulum, per perpendiculum DC in duo rectangula ADC & CDB reſolvetur (§. 78. 91). Ergo ſi fiat FB = DG dimidiæ altitudini; erit DGFB = Δ DCB & AEGD = Δ ACD *per caſ. 1.* Ergo AEFB = Δ ACB (§. 88 *Arithm.*). *Quod erat unum.*

Tab. VIII. Fig. 124. Si DK = KB = ½ DB & GD = AG = ½ AD; erit GK = ½ AB, adeoque dimidia baſis. Jam CFKD = Δ DCB & GECD = Δ ACD, *per caſ. 1.* Quare EGKF = Δ ACB (§. 88 *Arithm.*). *Quod erat alterum.*

PROBLEMA 54.

392. *Invenire aream Trianguli.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

1. Multiplicetur baſis AB per altitudinem CD: erit productum area rectanguli ejusdem baſeos & altitudinis (§. 387). Tab. VIII. Fig. 125.
2. Productum dividatur bifariam. Ita prodit area trianguli ABC (§. 386).

Aliter.

Baſis dimidia ½ AB multiplicetur per altitudinem CD; vel baſis AB per altitudinem dimidiam ½ CD. Factum erit area trianguli (§. 391. 387).

E. gr. AB = 3°4′2″	AB = 3°4′2″
CD = 2 3 4	½CD = 1 1 7
1368	2394
1026	342
684	342
80028	Δ 40014

2) Δ ACB 40014

½ AB = 1°7′1″
CD = 234
684
513
342
Δ 40014

 CO-

Digitized by Google

COROLLARIUM 1.

393. Triangula æqualia baſes & altitudines dimidias (*§.299 Arithm.*), conſequenter etiam baſes & altitudines integras reciprocant (*§. 178 Arithm.*).

COROLLARIUM 2.

394. Si area trianguli per baſin dimidiam dividitur, quotus eſt altitudo (§. 210 *Arithm.*).

PROBLEMA 55.

395. *Invenire latus quadrati parallelogrammo, vel triangulo dato æqualis.*

RESOLUTIO.

Quæratur inter baſin & altitudinem parallelogrammi, vel inter dimidiam baſin & altitudinem, aut integram baſin & dimidiam altitudinem trianguli media proportionalis (*§. 327*) aut in numeris (§. 301 *Arithm.*). Ita prodit latus quadrati quæſitum.

DEMONSTRATIO.

Factum enim ex baſi in altitudinem exprimit aream parallelogrammi (§.375.387) & factum ex dimidia baſi in altitudinem, vel ex dimidia altitudine in baſin aream trianguli (§. 392). Cum adeo quadratum lineæ vel numeri reperti ſit in utroque caſu facto iſti æquale (*§.298 Arithm.*); erit quadratum iſtud in priori caſu parallelogrammo, in poſteriori triangulo æquale. *Q.e.d.*

THEOREMA 81.

396. *In parallelogrammis & triangulis ſimilibus altitudines ſunt lateribus homologis proportionales & baſes ab iis lateribus proportionaliter ſecantur.* Tab. VII. Fig. 112.

DEMONSTRATIO.

Cum altitudines AE & *ae* ſint ad baſes CD & *cd* perpendiculares (§.227); erunt E & *e* anguli recti (*§. 78*) adeoque æquales (§. 145). Et quia parallelogrammum ABDC ipſi *abdc*; triangulum CAD ipſi *cad* ſimile, *per hypoth.* erit $C=c$ (§. 175). Quare $AC:AE = ac:ae$ (*§.267*). Eſt vero etiam $AC:CD=ac:cd$ (§. 175). Ergo $AE:CD=ae:cd$ (§. 196 *Arithm.*). *Quod erat unum.*

Quoniam $E=e$ & $C=c$, *per demonſtr.* erit $AC:CE=ac:ce$ (§. 267). Eſt vero etiam $AC:CD=ac:cd$ (§.175). Ergo $CE:CD=ce:cd$ (*§. 196 Arithm.*), adeoque $ED:CE=ed:ce$ (§. 193 *Arithm.*). *Q. e. d.*

SCHOLION.

397. *Patet quoque a priori. Quoniam enim*

enim ABDC ∽ abdc & △ ACD ∽ △ acd per hypoth. *perpendicula* AE & ae *pariterque ſegmenta baſium* CE & ce, *itidemque* ED & ed *eodem modo determinantur* (§. 119. 216), *adeoque ſimilia ſunt* (§. 120). *Cum adeo ea eadem ſint, per quæ a ſe invicem diſcerni debebant* (§. 24 Arithm.), *lineæ autem rectæ utpote ſimiles* (§. 17) *non aliter niſi ratione diſcerni poſſint* (§. 132 Arithm.); *tam perpendicula, quam ſegmenta baſium ad latera homologa figurarum eandem rationem habere debent* (§. 149 Arithm.). *Eodem modo generaliter patet, rectas quascunque in figuris ſimilibus eodem modo determinatas tum inter ſe, tum ad latera homologa eandem rationem habere.*

COROLLARIUM 1.

398. Quoniam parallelogramma & triangula ſunt in ratione compoſita altitudinum & baſium (§. 388), ſimilia vero habent baſes altitudinibus proportionales (§. 396); igitur parallelogramma & triangula ſimilia habent rationem duplicatam homologorum laterum (§. 159 *Arithm.*). Et eodem modo patet, quod etiam ſint in ratione duplicata altitudinum ac ſegmentorum baſeos; immo linearum eodem modo utlibet determinatarum (§. 397).

COROLLARIUM 2.

399. Sunt ergo ut quadrata laterum, altitudinum, & ſegmentorum baſium homologorum, nec non linearum eodem modo utlibet determinatarum (§. 374).

PROBLEMA 55.

Tab. VIII. Fig. 126.

400. *Invenire aream polygoni irregularis ac trapezii.*

RESOLUTIO.

1. Reſolvatur per diagonales AD & AC in triangula. n. 1.
2. Inveniantur areæ ſingulorum triangulorum (§. 392) &
3. Addantur. Erit ſumma area quæſita (§. 86 *Arithm.*).

E. gr. $\frac{1}{2}$AD = 43′ $\frac{1}{2}$AD = 43′ $\frac{1}{2}$AC = 42′
EF = 35 GC = 45 BH = 30

215 215 △ ABC 1260
129 172

△ AED 1505 △ DAC 1935
△ AED 1505
△ ABC 1260

Area polygoni irreg. 47°00′

Quodſi $\frac{1}{2}$ AD multiplicetur per ſummam altitudinum EF + GC, vel integra AD per $\frac{1}{2}$ (EF + GC); prodibit area trapezii AEDC.

E. gr. EF = 35 $\frac{1}{2}$AD = 43
GC = 45 EF + GC = 80

EF + GC = 80 AEDC = 3440

$\frac{1}{2}$(EF + GC) = 40
AD = 86

AEDC = 3440

Similiter ſi in trapezio fuerit AB ipſi CD parallela, erunt triangulorum altitudines BF & GC æquales (§. 226. Tab. VIII. Fig. 127.

Digitized by Google

(§.226.227), conſequenter trapezii area prodit, ducta ſemiſumma baſium parallelarum AB & CD in altitudinem ejus BF (§.392).

E. gr. Sit AB 246″, CD = 378″, BF = 195″

Tab. VIII. Fig. 127.

erit AB + CD =	624
BF =	195
	3120
	5616
	624
Area Trapezii	121680

THEOREMA 82.

Tab. VI. Fig. 107. 401. *Figura regularis ABCDE ex centro circuli circumſcripti F in triangula æqualia atque ſimilia reſolvitur & area ejus æquatur triangulo, cujus baſis peripheria totius polygoni AB+BC+CD &c. altitudo perpendiculum FG ex centro F in latus unum AB demiſſum. Idem valet de area circumſcripti abcde, niſi quod altitudo ſit radius FG.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam AB = BC = CD = DE = AE (§.106) & AF = FB = FC = FD = FE (§.40); triangula AFB, BFC, CFD, EFD, AFE æqualia & ſimilia ſunt (§.204). *Quod erat unum.*

Tab. VIII. Fig. 128. Conſtituantur triangula AFB, BFC, CFD &c. in quæ reſolutum eſt polygonum ABCDE ſuper eadem recta AA (§.199). Erigatur in A perpendicularis Af (§.249) ipſi altitudini triangulorum æqualis. Erit AfB = AFB, BfC = BFC, CfD = CFD &c. (§.385); conſequenter AfA = AFB + BFC + CFD &c. (§. 88 *Arithm.*) æqualis eſt areæ polygoni regularis (§.86. 87 *Arithm.*). *Quod erat ſecundum.*

Cum recta Fg ex centro F ad contactum g ducta ſit radius & ad latus ae perpendicularis (§. 308); erit ea altitudo trianguli aFe (§. 227). Reliqua patent ut ante. *Quod erat tertium.* Tab. VI. Fig. 107.

PROBLEMA 56.

402. *Invenire aream polygoni regularis.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

1. Latus polygoni AB multiplicetur per dimidium laterum numerum, e. gr. latus hexagoni per 3. Tab. VI. Fig. 107.

2. Factum porro ducatur in perpendiculum GF ex centro circuli circumſcripti in latus AB demiſſum.

Ita

Digitized by Google

Ita prodit area quæſita (§. 392. 401).

E. gr. AB =	5°4′
dimidius Numer. later.	$2\frac{1}{2}$
	27
	108
Semiperimeter	135
FG	29
	1215
	270
Area Pentagoni	39°15′

THEOREMA 83.

Tab. VI. Fig. 111. 403. *Quadrilatera & Polygona ſimilia ABCDE & abcde per diagonales AC, AD & ac, ad in ſimilia triangula ABC & abc, ACD & acd, ADE & ade dividuntur, & intr ſe, & totis proportionalia.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam ABCDE ∽ *abcde per hypoth.* erit $o = o$ & $AB : BC = ab : bc$ (§. 175). Ergo △*bac* ∽ △BAC, $y = y$ atque $bc : ca = BC : CA$ (§. 183), Eſt vero etiam $bc : cd = BC : CD$ & $n + y = n + y$ (§. 175). Ergo $ca : cd = CA : CD$ (§. 156 *Arithm.*) & $n = n$ (§. 91 *Arithm.*), conſequenter △*bad* ∽ △BAD, $cd : da = CD : DA$ & $u = u$ (§. 183). Eſt vero etiam $u + s = u + s$ & $cd : de = CD : DE$ (§. 175). Ergo $s = s$ (§. 91 *Arithm.*) & $da : de = DA : DE$ (§. 196 *Arithm.*), conſequenter △*dea* ∽ △DEA (§. 183). *Quod erat primum.*

Quoniam △ABC ∽ △*abc*, △DAC ∽ △*dac* & △DAE ∽ △*dae per demonſtrata*; erit △ABC : △*abc* = $CA^2 : ca^2$, △DAC : △*dac* = $CA^2 : ca^2 = DA^2 : da^2$ & △DAE : △*dae* = $DA^2 : da^2$ (§. 398), conſequenter △ABC : △*abc* = △DCA : △*dca* & △DCA : △*dca* = △DAE : △*dae* (§. 167 *Arithm.*), adeoque etiam △DEA : △*dea* = △ABC : △*abc* (§. *cit.*). Sunt igitur △△ ABC, ACD, ADE & *abc, acd, ade* inter ſe proportionalia. *Quod erat ſecundum.*

Quoniam denique △ABC : △*abc* = △DCA : △*dca* = △DEA : △*dea per ſecundum hujus*; erit △ABC + △DCA + △DEA : △*abc* + △*dca* + △*dea* = △ABC : △*abc* (§. 192 *Arithm.*). Sed △ABC + △DCA + △DEA = polygono ABCDE & △*abc* + △*dca* + △*dea* = *abcde* (§. 86 *Arithm.*). Ergo ABCDE : *abcde* = △ABC : △*abc* = △DEA : △*dea* &c. (§. 168 *Arithm.*), conſequenter ABCDE : △ABC = *abcde* : △*abc*, & ABCDE : △DCA = *abcde* : △*dca* &c. (§. 173 *Arithm.*). *Quod erat tertium.*

COROLLARIUM.

404. Cum polygona regularia ſint æquilatera & æquiangula (§. 106), tum etiam ſibi mutuo æquiangula (§. 344); polygona regularia ejusdem ordinis, veluti omnia pentagona, omnia hexagona &c.

na &c. regularia inter ſe ſimilia ſunt (§. 175). Polygona igitur regularia ejusdem ordinis per diagonales in triangula ſimilia dividuntur & inter ſe, & totis proportionalia.

SCHOLION.

405. *Poterat theorema præſens ex notione determinationis facilius demonſtrari. Nimirum cum figura* ABCDE *&* abcde *ſint ſimiles* per hypoth. *adeoque anguli* A *&* a *æquales* (§. 175), *atque præterea diagonales* AC, AD *&* ac, ad *ex angulis hiſce æqualibus* A *&* a *ducantur*; ΔΔ ABC *&* abc, CAD *&* cad, DAE *&* dae *eodem modo determinantur* (§. 119), *conſequenter & inter ſe ſimilia ſunt & ſimiles partes figurarum exiſtunt* (§. 120), *eandem adeo ad figuras tanquam tota rationem* (§. 170 Arithm.), *immo eandem inter ſe rationem quam polygona aut quadrilatera habentes* (§. 171 Arithm.).

THEOREMA 84.

Tab. VI. Fig. 111. 406. *Figuræ tam regulares, quam ſimiles irregulares habent rationem duplicatam homologorum laterum.*

DEMONSTRATIO.

Sint figuræ ABCDE & *abcde* ſive regulares, ſive irregulares ſimiles, eæque ſive quadrilateræ, ſive polygonæ quæcunque ejusdem ordinis; erit ABCDE : *abcde* = Δ ABC : Δ *abc* = Δ ACD : Δ *acd* = Δ ADE : Δ *ade* (§. 403. 404). Sed Δ ABC : Δ *abc* = $AB^2 : ab^2 = BC^2 : bc^2$, Δ ADC : Δ *adc* = $CD^2 : cd^2$ & Δ ADE : *ade* = $DE^2 : dc^2 = EA^2 : ea^2$ (§. 398). Ergo ABCDE : *abcde* = $AB^2 : ab^2 = BC^2 : bc^2 = CD^2 : cd^2 = DE^2 : de^2 = EA^2 : ea^2$ (§. 167 *Arithm.*). *Q. e. d.*

SCHOLION.

407. *Eodem modo oſtenditur, figuras rectilineas ſimiles eſſe in ratione duplicata diagonalium ex angulis æqualibus* A *&* a *ductarum, vel linearum aliarum quarumcunque eodem modo intra eas determinatarum* (§. 405).

THEOREMA 85.

408. *Circuli & figuræ ſimiles ipſis inſcriptæ vel circumſcriptæ ſunt inter ſe ut quadrata diametrorum.*

DEMONSTRATIO.

Ponamus deſcribi duos circulos & iis circumſcribi quadrata, omnia utrobique eodem modo determinabuntur (§. 119 & 357). Sunt ergo figuræ utræque inter ſe ſimiles (§. 128). Cum adeo utrobique eadem ſint, per quæ diſtingui debent (§. 24 *Arithm.*); quadrata circulis circumſcripta ad ſuos circulos eandem rationem habere debent (§. 132 *Arithm.*). Quamobrem circuli inter ſe ſunt ut quadrata diametrorum (§. 173 *Arithm.*). *Quod erat unum.*

Eodem modo oſtenditur, figu-

ras ſimiles circulis inſcriptas eſſe ut circulos, quibus inſcribuntur. Sed circuli ſunt ut quadrata diametrorum, *per demonſtrata*. Ergo figuræ ipſis inſcriptæ & circumſcriptæ ſimiles ſunt ut quadrata diametrorum (§. 167 *Arithm.*). *Quod erat alterum.*

Aliter.

Tab. VI. Fig. 107. Reſolvantur polygona circulis inſcripta ABCDE & *abcde* ex centris F & f in $\triangle\triangle$ ABF, BFC, CFD, & *afb*, *bfc*, *cfd*, &c. erit angulus FAB $=$ *fab* & FBA $=$ *fba* &c. (§. 344. 347), conſequenter $\triangle$ AFB $\sim \triangle$ *afb* (§. 267). Eodem modo patet, eſſe $\triangle$ BFC $\sim \triangle$ *bfc*, $\triangle$ CFD $\sim \triangle$ *cfd* &c. Habemus itaque $\triangle AFB : \triangle afb = BF^2 : bf^2$, $\triangle BFC : \triangle bfc = BF^2 : bf^2$ &c. (§. 398). Ergo $ABCDE : abcde = BF^2 : bf^2$ (§. 167 *Arithm.*), conſequenter cum radii BF & *bf* ſint ut diametri (§. 39 *Geom.* & 178 *Arithm.*), polygona ſimilia circulo inſcripta ſunt ut quadrata diametrorum (§. 260 *Arithm.*). Et idem eodem modo oſtenditur de polygonis circulo circumſcriptis, cum $\triangle\triangle$ ſimilia etiam ſint in ratione duplicata altitudinum (§. 398), altitudines vero triangulorum, in quæ reſolvitur polygonum circulo circumſcriptum, ſint radii circulorum (§. 355).

Quodſi jam polygonum circulo inſcriptum tot ſumatur laterum, donec ſubtenſa a peripheria magnitudine inaſſignabili differat; polygonum cum circulo idem erit. Unde etiam circuli erunt inter ſe ut diametrorum Quadrata.

COROLLARIUM.

409. Habent ergo circuli rationem duplicatam diametrorum (§. 374), adeoque, cum radii ſint ut diametri (§. 39 *Geom.* & §. 181 *Arithm.*), & radiorum (§. 260. 259 *Arithm.*).

THEOREMA 86.

410. *Circulus æqualis eſt triangulo, cujus baſis peripheriæ, altitudo radio æqualis.*

DEMONSTRATIO.

Tab. VIII. Fig. 125. Concipiatur peripheria circuli in partes numero infinitas inter ſe æquales adeoque infinite parvas diviſa; arcus infinite exigui *ab* ſupra chordam cognominem exceſſus erit quovis dato minor, ſeu inaſſignabilis, adeoque revera nullus. Concipiantur porro ex centro *c* ad extrema arcus infinite parvi *ab* ducti radii *cb* & *ca*: erit angulus *acb* infinite parvus, adeoque *a* & *b* non different a recto (§. 240), conſequenter ſi *ab* ſumatur pro baſi, radius *ac* erit tri-

anguli *abc* altitudo (§.228). Cum adeo area circuli reſolvatur in iſtiusmodi triangula numero infinita, quorum altitudo communis eſt radius *ac*, baſes vero junctim ſumtæ ſunt peripheriæ circuli æquales, *per demonſtrata*; erit ille æqualis triangulo, cujus baſis peripheria, altitudo radius circuli (§. 401). *Q. e. d.*

SCHOLION.

411. *Hac demonſtrandi methodo primus uſus eſt* Keplerus (p). *Eam exemplo ejus excitatus* (q) *ſub nomine* methodi indiviſibilium *magis excoluit* Cavalerius. *Demonſtrationem indirectam dedit* Archimedes (r) *non contemnendam, quoniam ipſius demonſtrandi methodo principia methodi infiniteſimalis rigidantur.*

COROLLARIUM 1.

412. Sunt igitur circuli in ratione compoſita peripheriarum & radiorum (§.388). Sed iidem ſunt in ratione duplicata radiorum (§. 409). Quare peripheriæ ſunt inter ſe ut radii (§.159 *Arithm.*).

COROLLARIUM 2.

413. Cum adeo ſit ut peripheria circuli unius ad ſuum radium, ita peripheria alterius cujuscunque ad ſuum (§.173 *Arithm.*); ratio peripheriæ ad radium ſeu diametrum (§. 39 *Geom.* & §. 181 *Arithm.*) in omnibus circulis eadem.

SCHOLION.

414. *Idem etiam hoc modo oſtenditur: cum omnes circuli inter ſe ſimiles ſint* (§. 134), *per qua diſtingui poſſent, ea eadem ſunt* (§. 24 *Arithm.*). *Quoniam itaque per rationem peripheriarum ad diametros diſtingui poſſent, ſiquidem ea in diverſis circulis diverſa foret* (§. 132 Arithm.); *ratio in omnibus eadem eſſe debet.* Q. e. d.

THEOREMA 87.

415. *Sector circuli ACD æqualis eſt triangulo, cujus baſis arcus AD, altitudo radius AC.* Tab. VIII Fig. 133.

DEMONSTRATIO.

Eadem eſt, quæ theorematis præcedentis (§. 410).

THEOREMA 88.

416. *Polygonum inſcriptum minus; circumſcriptum majus eſt circulo. Similiter illius perimeter minor: hujus autem perimeter major eſt peripheria circuli.*

DEMONSTRATIO.

Latera AB, BC, CD &c. polygoni inſcripti ſunt chordæ arcus cogno- Tab. VI. Fig. 107.

(p) in Nova Stereometria doliorum vinariorum part. 1. theor. 2. f. B1.

(q) vide præfat. ad Geometriam indiviſibilium continuorum nova ratione promotam p. b. 2.

(r) in libello de circuli dimenſione prop. 1.

Digitized by Google

cognomines ſubtendentes (§. 342). Sed chordæ ſunt arcubus minores (§. 191). Ergo ſingula polygoni latera AB, BC, CD &c. ſunt ſingulis arcubus eidem reſpondentibus minora, conſequenter perimeter polygoni circulo inſcripti eſt hujus peripheria minor (§. 90 *Arithm.*). Et quoniam chordæ totæ intra circulum cadunt: area polygoni parti circuli congruit (§. 9 *Arithm.* & §. 3 *Geom.*), adeoque ipſi æqualis eſt (§. 161), conſequenter polygonum inſcriptum circulo minus (§. 20 *Arithm.*). *Quod erat primum & ſecundum.*

Latera polygoni circumſcripti *ab*, *bc*, *cd* &c. tangunt circulum (§. 355) adeoque totæ extra eum cadunt (§. 47), conſequenter circulus parti polygoni congruit (§. 9 *Arithm.* & §. 3 *Geom.*). Hinc ipſi æqualis (§. 161), hoc eſt, circulus polygono circumſcripto minor eſt (§. 20 *Arithm.*). *Quod erat tertium.*

Area polygoni circumſcripti eſt ad aream circuli in ratione compoſita radii circuli & perimetrorum (§. 401. 410. 388), conſequenter ut factum ex radio in perimetrum polygoni ad factum ex radio in peripheriam circuli (§. 159 *Arithm.*) Ergo illa ad hanc ut illius perimeter ad hujus peripheriam (§. 151 *Arithm.*). Sed polygonum majus circulo *per demonſtr.* Ergo & ejus perimeter major peripheria hujus (§. 149 *Arithm.*). *Quod erat quartum.*

THEOREMA 89.

417. *In triangulo rectangulo ABC quadratum hypothenuſæ AC æquale eſt quadratis laterum AHIB & BCED ſimul ſumtis.* Tab. VIII. Fig. 130.

DEMONSTRATIO.

Ducantur rectæ AE & BF (§. 121), itemque BK ipſi CF parallela (§. 258). Quoniam △ ACE cum quadrato CEDB ſuper eadem baſi & inter easdem parallelas (§. 336) exiſtit; hujus dimidium eſt (§. 391). Ex eadem ratione △ BCF eſt dimidium parallelogrammi LCFK. Enimvero quia $x=o$ (§. 98. 145), adeoque $x+y=o+y$ (§. 88 *Arithm.*), BC = CE & AC = CF (§. 98); ideo △ ACE = △ BCF (§. 179), conſequenter BCED = LCFK (§. 93 *Arithm.*). Eodem modo oſtenditur, eſſe AHIB = ALKG. Quamobrem BCED + AHIB = LCFK + ALFG (§. 88 *Arithm.*) = ACFG (§. 86 *Arithm.*) *Q. e. d.*

SCHOLION.

418. *Hoc theorema* Pythagoras *invenit*;

Digitized by Google

venit: unde Pythagoricum *dicitur. Ampliſſimi per Matheſin univerſam eſt uſus: ideo ab illius auditoribus* hecatombe, *hoc eſt, centum boum ſacrificio redemtum fertur.*

COROLLARIUM 1.

Tab. VIII. Fig. 131. 419. Quadratum conſtruitur duobus aut pluribus datis ſimul ſumtis æquale ſi 1. latera duorum AC & AB jungantur ad angulos rectos (§. 249); 2. ſuper ducta hypothenuſa BC erigatur latus tertii CD perpendiculariter (§. *cit.*) ducaturque hypothenuſa BD &c. Eſt enim $BC^2 = AB^2 + AC^2$ & $BD^2 = BC^2 + CD^2$ (§. 417). Ergo $BD^2 = AB^2 + AC^2 + CD^2$ &c.

COROLLARIUM 2.

Tab. VIII. Fig. 132. 420. Quodſi AB fuerit $= 1$ & AC $= 1$; erit CB $= \sqrt{2}$. Si porro fiat AD $=$ CB $= \sqrt{2}$; erit DB $= \sqrt{3}$. Si fiat AE $= 2$; erit BE $= \sqrt{5}$. Si fiat AF $=$ EB $= \sqrt{5}$; erit FB $= \sqrt{6}$ & ita porro in infinitum. Omnes adeo radices quadratæ ſurdæ ſunt ad unitatem ut linea recta ad aliam rectam, conſequenter numeri (§. 10 *Arithm.*) iique irrationales (§ 43. 295 *Arithm.*).

COROLLARIUM 3.

421. Cum CB ſit diagonalis Quadrati (§. 111); erit ea ad latus AB ut $\sqrt{2}$ ad 1. Sed $\sqrt{2}$ eſt numerus irrationalis (§. 420), adeoque unitati incommenſurabilis (§. 43 *Arithm.*), conſequenter diagonalis quadrati eſt lateri incommenſurabilis.

COROLLARIUM 4.

422. Dantur adeo quantitates incommenſurabiles, hoc eſt, quarum nulla datur pars aliquota communis (§. 31 *Arithm.*), conſequenter rationes irrationales (§. 164 *Arithm.*). Et hinc patet non repugnare, ut hæ numeris irrationalibus exprimantur (§. 419).

PROBLEMA 57.

423. *Datis chorda AB & radio AC invenire chordam arcus dimidii AD.* Tab. VIII. Fig. 133.

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Quoniam radius CD arcum AB biſecat in D *per hypoth.* etiam chordam AB biſecat & ad eam perpendicularis (§. 291), adeoque anguli ad A recti ſunt (§. 78). Quare

1. A quadrato radii AC ſubtrahatur quadratum chordæ dimidiæ datæ AE: reſiduum eſt quadratum ipſius EC (§. 417).
2. Ex hoc reſiduo extrahatur radix quadrata (§. 269 *Arithm.*), quæ erit EC.
3. Hæc ex radio DC ſubducta relinquit DE.
4. Addantur quadrata AE & DE, ſumma eſt quadratum DA (§. 417).
5. Inde ergo ſi extrahatur radix (§. 269 *Arithm.*); habetur chorda arcus dimidii AD.

E. gr. Sit radius AC $= 10000$ & AB latus hexagoni: erit AB itidem

dem 10000 (§. 356) & AE = 5000.

Quare

$AC^2 =$	100000000	$AE^2 =$	25000000
$AE^2 =$	25000000	$ED^2 =$	1795600
$CE^2 =$	75000000	$DA^2 =$	26795600
		DA =	5176
CE =	8660		
DC =	10000		
DE =	1340		

PROBLEMA 58.

Tab. VIII. Fig. 134. 424. *Dato latere polygoni regularis inſcripti AB invenire latus circumſcripti FG.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Quoniam FG parallela ipſi AB & DC chordam AB bifariam dividit (§. 355); erit AE = ½ AB & EC : AE = CD : DG (§. 268) Quare ſi ob angulum rectum ad E (§. 291) EC inveſtigetur ut in problemate præcedente; reperietur DG (§. 302 *Arithm.*), cujus duplum eſt latus polygoni circumſcripti FG. Eſt enim EC : CD = EA : DG & EC : CD = EB : FD (§. 268). Cum adeo ſit EA : DG = EB : FD (§. 167 *Arithm.*) & EA = EB *per demonſtrata:* erit etiam DG = DF (§. 177 *Arithm.*) adeoque FG = 2 DG. *Q. e. i. & d.*

E. gr. Sit DC = AB = 10000; erit AE = 5000 & EC = 8660 (§. 423), adeoque DG = 5773. Hinc FG = 11546.

PROBLEMA 59.

425. *Invenire rationem diametri ad peripheriam.*

RESOLUTIO.

1. Quærantur per continuam biſectionem latera polygonorum inſcriptorum (§. 423), donec perveniatur ad latus arcum quantumlibet exiguum ſubtendens.
2. Invento hoc latere quæratur porro latus polygoni ſimilis circumſcripti (§. 424).
3. Multiplicetur utrumque per numerum laterum polygoni, ut habeatur perimeter polygoni tam inſcripti, quam circumſcripti (§. 106).

Erit ratio diametri ad peripheriam circuli major quam ejusdem ad perimetrum polygoni circumſcripti; minor vero, quam ejusdem ad perimetrum inſcripti (§. 416 *Geom.* & §. 205 *Arithm.*). Differentia vero inter utramque perimetrum cognita haud difficulter definitur ratio diametri ad peripheriam circuli in numeris prope veris.

Digitized by Google

Sit e. gr. radius circuli 1 ſeu (ut latera polygonorum per fractiones decimales exprimere liceat) 10000000000000000000000000000000; reperietur continua a quadrato biſectione latus polygoni 1073741824 laterum inſcripti vero proxime minus 0.000000000 5815167231706863387122; circumſcripti autem latus vero itidem proxime majus 0. 00000000058516721170 6863873784. Hinc perimeter circumſcripta 6.28318530717958649156537 vero proxime major; inſcripta autem 6.28318530717958645093 vero proxime minor. Cum ergo circuli peripheria intra hos limites contineatur; poſita diametro 20000000000000000, erit peripheria minor quam 62831853 071795864, major vero quam 62831 853071795863. Unde ratio prope vera diametri ad peripheriam ut 100000 00000000000 ad 31415926535897932. Compendia calculi tradit *Ludolphus a Ceulen* (ſ).

SCHOLION I.

426. *In quadrando circulo ab omni aevo, quo Geometria exculta, deſudarunt ingenia praeſtantiſſima: perfectam tamen quadraturam in numeris finitis nemo adhuc dedit, utut noſtra praeſertim aetate ars inveniendi egregie promota fuerit. Rationem tamen diametri ad peripheriam in numeris prope veris dederunt multi:* Archimedes (t) *ea fini excogitavit methodum quadrandi circulum per polygona regularia inſcripta & circumſcripta, & polygonis 96 laterum uſus invenit rationem diametri ad peripheriam eſſe ut 7 ad 22 fere. Nimirum ſi diameter 1, perimeter polygoni inſcripti reperitur* $3\frac{10}{71}$; *perimeter vero circumſcripti* $3\frac{1}{7}$. *Ejus veſtigiis inſiſtentes poſteri rationes propiores inveſtigarunt. Nemo autem plus opera impendit* Ludolpho a Ceulen (u), *qui tandem reperit, poſita diametro 1 peripheriam eſſe minorem quam 3. 14159265 35897932384626433832795o, ſed majorem quam idem numerus, cyphra ultima in unitatem mutata. Enimvero quoniam numeri adeo prolixi praxi parum reſpondent; in Geometria practica hodie a plerisque aſſumitur, diametrum eſſe ad peripheriam ut 100 ad 314, vel in circulis majoribus ut 10000 ad 31415: in qua proportione* Ptolemaeus, Vieta, Hugenius *cum* Ludolpho *conſentiunt.* Hugenius (y) *compendioſiorem monſtravit viam; ſed pluribus theorematis nixam, quae in hiſce Elementis non demonſtrantur.*

COROLLARIUM.

427. Si diameter fuerit 113; erit peripheria (113.31415): 10000 (*ſ. 272 Arithm.*) hoc eſt 355 quam proxime.

SCHO-

(ſ) in libro de circulo & adſcriptis conf. Fundamenta Arithmetica & Geometrica lib. 6. probl. 1. p. m. 241 & ſeqq. (t) in libello de circuli dimenſione prop. 2. (u) in Zetematum Geometricorum Epilogiſmo Zetem. 2 p. 92. (x) in Inventis de circuli magnitudine prop. 10 p. 15. & prop. 20. p. 42.

SCHOLION 2.

428. *Hac proportio, quam* Adrianus Medius *tradit* (z) *a parente ſuo inventam & demonſtratam* (a) *inter omnes, quæ parvis numeris exprimuntur, accuratiſſima. Quodſi enim numerum 355 ſeptem cyphras ad obtinendas fractiones decimales auctum per 113 dividas; quotus cum proportione Ludolphina collatus oſtendet eam ne quidem* $\frac{3}{10000000}$ *a vera differre.*

PROBLEMA 59.

429. *Data diametro circuli invenire peripheriam & aream ejus, & data peripheria diametrum.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

1. Cum detur ratio diametri ad peripheriam (§. 426. 427); una data, invenietur altera (§. 302 *Arithm.*).
2. Peripheria ducta in quartam diametri partem, habetur area circuli (§. 410. 392).

E. gr. Sit diameter 56: erit

100 — 314 — 56	Periph. 17584‴
56	¼ Diam. 1400
1884	7033600
1570	17584
Per. 17°5′8″4‴	Area 24°61′76″00‴

COROLLARIUM 1.

430. Si diameter 100; peripheria 314 (§. 426), adeoque area circuli 7850 (§. 429). Eſt vero quadratum diametri 10000 (§. 370): ergo hoc ad aream circuli ut 10000 ad 7850, hoc eſt, ut 1000 ad 785 (§. 181 *Arithm.*) quam proxime.

COROLLARIUM 2.

431. Similiter ſi diameter 113, peripheria 355 (§. 427), adeoque area circuli 10028¾ (§. 429). Eſt vero quadratum diametri 12769 (§. 370). Ergo hoc ad illam ut 12769 ad 10028¾, hoc eſt, ut 51076 ad 40115 (§. 178 *Arithm.*) conſequenter (dividendo per 113) ut 452 ad 355 (§. 181 *Arithm.*), quæ Metiana proportio priori accuratior.

COROLLARIUM 3.

432. Area igitur circuli etiam invenitur, ſi ad 1000, 785 & quadratum diametri; vel ad 452, 355 & quadratum diametri numerus quartus proportionalis quæratur (§. 302 *Arithm.*).

Sit e. gr. diameter 560″, erit quadratum ejus 31°36′00″. Quare

1000 — 31°36′00″ — 785

785	
1568000	
25088	
21952	
24°61′76″	Area circuli.

CO-

(y) in Geometria practica part. 1. c. 10. ſ. 3. p. m. 89 (z) in libello adverſus quadraturam circuli Simonis a Queren conſcripto.

Digitized by Google

COROLLARIUM 4.

Tab. VIII. Fig. 135. 433. Si area circuli minoris GEHF ſubtrahatur ex area majoris concentrici ADBC; relinquitur annulus ADBC GEHF.

PROBLEMA 60.

434. *Data area circuli, invenire diametrum.*

RESOLUTIO.

1. Quæratur ad 785, 1000 & aream circuli datam 246176 numerus quartus proportionalis 313600 (§.302 *Arithm.*): qui eſt quadratum diametri (§.430).
2. Inde extrahatur radix quadrata (§.269 *Arithm.*): quæ eſt diameter (§. 246 *Arithm.* & §.370 *Geom.*).

PROBLEMA 61.

Tab. VIII. Fig. 133. 435. *Dato radio circuli* AC *una cum ratione arcus* AB *ad peripheriam invenire aream ſectoris* ACB.

RESOLUTIO.

1. Quæratur ad 100, 314 & radium AC numerus quartus proportionalis (§.302 *Arithm.*): quæ eſt ſemiperipheria (§. 436 *Geom.* & §.181 *Arithm.*).
2. Quæratur porro ad 180°, arcum datum AB & ſemiperipheriam inventam numerus quartus proportionalis (§.302 *Arithm.*): ut habeatur arcus AB in eadem menſura, in qua radius AC datur.
3. Tandem arcus AB ducatur in ſemiradium.

Factum exprimet aream ſectoris (§.415.392).

E. gr. Sit radius 6'; arcus 60°.

100 — 314 — 600'''
6

Semiperiph. 1884|00

180 — 1884 — 60
60) 3 ——— 1
628'''=AB
300 = ½AC

Area 18'84''(00ACB

PROBLEMA 62.

Tab. VIII Fig. 133. 436. *Datis altitudine ſegmenti* DE & *dimidia baſi* AE, *invenire aream ejus.*

RESOLUTIO.

1. Quæratur diameter (§.328).
2. Deſcribatur circulus (§. 131) & in eo applicetur baſis ſegmenti AB.
3. Ducantur radii AC & BC & ope inſtrumenti transportatorii inveſtigetur numerus graduum arcus ADB.
4. Dato jam radio AC una cum arcus ADB ad peripheriam ratione inveſtigetur area ſectoris ACB &
5. ex chorda AB atque altitudinis

ſegmenti

ſegmenti DE complemento ad radium EC area trianguli ACB (§. 392).

6. Hoc denique ex illo auferatur: reſiduum erit ſegmentum ADBEA.

E. gr. Sit AB = 600''', DE = 80'''; erit DF = 1205''' (§. 313), arcus AB = 60° (§. 152). Ergo area ſectoris ADBC 18'84'' (§. 435). Jam EC = 522'''$\frac{1}{2}$ AE = 300'''. Quare △ ACB = 156750''', conſequenter ſegmentum AEBDA 31 650'''.

COROLLARIUM.

Tab. VIII. Fig. 134. 437. Quodſi ſegmentum majus BHA quæratur; triangulum BCA ſectori BHACB addendum.

SCHOLION.

438. *Ne pro invenienda area ſectoris atque ſegmenti perspheriam inveſtigari opus ſit; arcuum gradus atque ſcrupula tam prima, quam ſecunda iſtiusmodi particulis expreſſa in tabula ſubſequente exhibere placet, qualium diameter eſt 100000. Conſtructio tabulæ*

Grad.	Part. per.	Min.	Part. per.
1	872	1	14
2	1745	2	29
3	2617	3	43
4	3490	4	58
5	4363	5	72
6	5235	6	87
7	6108	7	101
8	6981	8	116
9	7853	9	130
10	8726	10	145

Grad	Part. per.	Min.	Part. per.
20	17453	20	1. 290
30	26179	30	436
40	34906	40	581
50	43633	50	727
60	52359	Sec.	0
70	61086	2	$\frac{1}{2}$
80	69813	3	$\frac{1}{2}$
90	78539	4	1
100	87266	5	1
110	95993	6	
120	104719	7	$1\frac{1}{2}$
130	113446	8	$1\frac{1}{2}$
140	122173	9	2
150	130899	10	2
160	139626	20	4
170	148353	30	7
180	157079	40	9
360	314159	50	12

intelligitur ex reſolutione problematis 61 (§. 435): uſus talis eſt. Sit e. gr. ut in caſu problematis citati diameter 1200''', arcus 60°. Cum 60 gradibus in tabula reſpondeant 52359 particulæ diametri; inferatur:

$$100000 - 52359 - 1200$$

$$\begin{array}{r} 1200 \\ \hline 10471800 \\ 52359 \\ \hline 628|30800 \\ 1|00000 \end{array}$$

Eſt ergo arcus 628''', ut ſupra (§. cit.) eundem reperimus.

PROBLEMA 63.

439. *Parallelogrammum ABEC ex dato puncto D in duas partes æquales dividere.* Tab. VIII. Fig. 136.

RESOLUTIO.

Fiat EF = AD & ducatur recta DF: erit ADFC = DBEF.

DEMONSTRATIO.

Ducatur diagonalis AE: erit o = x (§. 156) & ob parallelas AB & EC (§. 102) y = u (§. 233). Sed AD = FE, *per conſt*. Ergo △ ADG = △ FGE (§. 252). Eſt vero △ ACE = △ AEB (§. 337). Quare ACFG = DBEG (§. 91 *Arithm.*), conſequenter ADFC = DBEF (§. 88 *Arithm.*). *Q. e. d.*

PROBLEMA 64.

Tab. VIII. Fig. 137. 138. 440. *Parallelogrammum atque triangulum in partes quotcunque æquales dividere.*

RESOLUTIO.

1. Dividatur baſis CD in tot partes æquales, in quot figura dividenda (§. 274).
2. In parallelogrammo ducantur rectæ 1. 1, 2. 2; in triangulo A 1. A 2.

DEMONSTRATIO.

Quoniam parallelogramma A 1. 1 C, 1. 2. 2 1, 2 BD 2 inter easdem parallelas AB & CD exiſtunt (§. 102); eandem altitudinem habent (§. 227. 228). Sunt itaque in baſium ratione (§. 389), conſequenter ob C 1 = 1. 2 = 2. D, *per conſtr.* æquales. *Quod erat unum.*

Cum ex uno puncto A ad eandem rectam CD perpendicularis nonniſi unica duci poſſit (§. 213); triangula AC 1, 1 A 2, 2 AD eandem altitudinem (§. 228), adeoque baſium rationem habent (§. 389). Sed baſes æquales ſunt, *per conſtr.* Ergo & triangula. *Quod erat alterum.*

PROBLEMA 65.

441. *Figuram rectilineam quamcunque ABCDE in partes æquales dividere.* Tab. VIII. Fig. 139.

RESOLUTIO.

1. Quæratur area figuræ (§. 400) & dividatur in tot partes æquales, in quot figura dividi debet, e. gr. in 3.
2. Area partis in noſtro caſu tertiæ ulterius dividatur biſariam.
3. Area trianguli AED ſubtrahatur a parte tertia & reſiduum dividatur per $\frac{1}{2}$ AD; erit quotus altitudo trianguli AID priori AED addendum, ut AEDI ſit pars tertia figuræ (§. 394).
4. Quare intervallo hujus altitudinis ducatur parallela ipſi AD (§. 258), quæ ſecabit latus AB in I: quo puncto dato, rectam DI ducere licet, tertiam partem figuræ AIDE abſcindentem.

5. Pars

Digitized by Google

5. Pars tertia dimidia ſive ſexta totius figuræ dividatur per $\frac{1}{2}$DI, quotus erit altitudo trianguli IKD ſextam figuræ partem conſtituentis (§. 394).

6. Intervallo igitur hujus altitudinis agatur ipſi ID parallela, ut habeatur punctum K (§. 258).

7. Dividatur quoque dimidia pars tertia figuræ per $\frac{1}{2}$ KD, ut habeatur altitudo trianguli KLD ſextæ itidem parti figuræ æqualis (§. 394).

8. Quare hujus intervallo denuo agatur ipſi KD parallela (§. 258), ut punctum L determinetur ducaturque recta KL, quæ partem figuræ tertiam KIDL reſecabit.

9. Si figura in plures quam tres partes reſolvenda; eodem modo ulterius procedendum.

E. gr. Sit AD = 516″, AC = 580″, EH = 154″, DG = 315″, BF = 375″; erit AED = 39732″, ADC = 91350 & ABC = 108750 (§. 392) adeoque area figuræ 239832 (§. 400); ejus pars tertia 79944; pars ſexta 39972.

P. III = 79944
AED = 39732
AID = 40212 (155 + ſeu 156 fere = IM

$\frac{1}{2}$ AD = 258) 258
1441
1290
1512
1290
222
Pars VI = 39972 (151″ = KN.

$\frac{1}{2}$ DI 264) 264
1357
1320
372
264
108
Pars VI = 39972 (139″ = LO

$\frac{1}{2}$ DK 287) 287
1127
861
2662
2583
79

SCHOLION 1.

442. *Si AED majus tertia e. gr. parte figuræ; ipſam ab illo ſubtrahi neceſſe eſt & reſiduum erit triangulum a triangulo AED auferendum, ut tertia parti figuræ æqualis evadat. Sæpe etiam conſultum eſt, ut prima pars AEDI per duo triangula uti cætera determinetur.*

SCHOLION 2.

443. *Ubi in charta diviſio abſoluta; in campo puncta* I, K, L *per quantitatem rectarum* AI, IK & DL *facile determinantur* (§. 126).

Finis partis prioris.

Digitized by Google

PARS POSTERIOR ELEMENTA GEOMETRIÆ SOLIDÆ PROPONIT.

CAPUT I. De PRINCIPIIS GEOMETRIÆ SOLIDÆ.

DEFINITIO 1.

444. *Solidum* ſive *corpus* eſt magnitudo tribus dimenſionibus prædita, ſeu extenſum in longitudinem, latitudinem atque profunditatem.

DEFINITIO 2.

Tab. VIII. Fig. 141. 445. Angulus ſolidus B eſt plurium quam duarum linearum AB, BC, BF in eodem puncto B concurrentium, nec in eodem plano conſtitutarum ad omnes inclinatio.

COROLLARIUM 1.

446. Ergo angulus ſolidus B pluribus quam duobus planis in eodem plano non conſtitutis ABF, FBC, CBA continetur.

COROLLARIUM 2.

447. Quoniam adeo tres minimum lineæ ad angulum ſolidum conſtituendum requiruntur (§. 445); tres minimum anguli plani ad ſolidum conſtituendum neceſſarii.

SCHOLION 1.

448. *Unde etiam* angulus ſolidus *definitur, quod ſit is, qui pluribus quam duobus planis angulis in eodem plano non conſiſtentibus, ad idem tamen punctum conſtitutis, continetur.*

COROLLARIUM 3.

449. Ut anguli ſolidi ſint æquales, angulis planis & multitudine & magnitudine æqualibus ac eodem ordine diſpoſitis contineri debent (§. 15 *Arithm.*).

SCHOLION 2.

450. *Suppono ſcilicet, ut anguli ſolidi ſalva quantitate ſibi mutuo ſubſtitui poſſint, eos intra ſe invicem poſitos congruere debere: quemadmodum etiam* anguli ſolidi æquales *vulgo definiuntur, quod intra ſe invicem poſiti congruant.*

COROLLARIUM 4.

451. Cum anguli ſolidi diſtingui nequeant niſi per planos, quibus continentur (§. 448), ubi plani & numero, & magnitudine æquales ac eodem ordine diſpoſiti fuerint, ea coincidunt per quæ a ſe invicem diſtingui debent. Sunt ergo

Digitized by Google

ergo ſimiles (§. 24 *Arithm.*), conſequenter anguli ſolidi ſimiles ſunt æquales & contra (§. 449).

COROLLARIUM 5.

452. Si anguli plani in eodem puncto concurrentes conficiant ſummam 360 graduum; planum circuli ſternunt (§. 41. 59) adeoque ſolidum angulum non conſtituunt (§. 446). Quare ſumma eorum, qui ultra ſolidum non aſſurgunt, quatuor rectis ſeu 360° (§. 144) minor eſſe debet.

DEFINITIO 3.

453. *Corpus regulare* eſt ſolidum planis regularibus & inter ſe æqualibus terminatum. Reliqua corpora dicuntur *irregularia*.

SCHOLION.

454. *Corpora regularia dicuntur etiam* Platonica, *propterea quod* Plato *in* Timæo *corpora, quæ ſtatuit, ſimplicia, cœlum puta, ignem, aerem, aquam atque terram cum iisdem comparat.*

COROLLARIUM.

455. Cum quilibet angulus corporis regularis angulis planis & numero, & magnitudine æqualibus contineatur (§. 453), omnes anguli corporis cujuslibet regularis æquales ſunt (§. 449).

DEFINITIO 4.

Tab. VIII. Fig. 140. 456. Si figura rectilinea ACB juxta ductum lineæ rectæ AE motu ſibi ſemper parallelo deorſum feratur, *Priſma* ABCFDE deſcribit: & quidem *rectum*, ſi linea directrix AE fuerit ad planum deſcribens perpendicularis; *obliquum* vero, ſi ea ad idem fuerit obliqua. In ſpecie *Priſma* dicitur *triangulare ſive trigonum*, ſi planum deſcribens fuerit triangulum; *quadrangulare*, ſi fuerit figura quadrilatera & ita porro.

COROLLARIUM 1.

457. Quodlibet adeo priſma habet duas baſes oppoſitas ABC & EDF æquales & circumcirca terminatur tot parallelogrammis, quot baſis latera habet. Eſt enim AC ipſi ED parallela atque æqualis *per hypoth.* Ergo & AE parallela ipſi CD (§. 257), conſequenter ACDE eſt parallelogrammum (§. 102). Et idem eodem modo de ceteris planis lateralibus oſtenditur.

COROLLARIUM 2.

458. Plana ſectionum priſmatis baſi ACB parallele factarum ſunt inter ſe æqualia. Æquantur enim plano deſcribenti ACB (§. 456 *Geom.* & §. 81. *Arithm.*), ergo & inter ſe æqualia ſunt (§. 87 *Arithm.*).

DEFINITIO 5.

459. Si planum deſcribens AB CD fuerit quadratum & linea dirigens AE lateri ejus AB æqualis, atque angulus BAE rectus; *Cubus* deſcribitur. Tab. VIII. Fig. 141.

COROLLARIUM 1.

460. Cubus terminatur ſex quadratis inter ſe æqualibus: eſt enim ABCD = EFGH (§. 459 *Geom.* & §. 81 *Arith.*).

 Cum-

Cumque ex eadem ratione AB & EF ſint inter ſe æquales atque parallelæ, & BA ad AE perpendicularis; erit etiam AE ad EF perpendicularis (§. 230), conſequenter ABFE quadratum (§. 338), ipſi AB CD æquale (§. 374). Eodem modo oſtenditur, reliqua plana terminantia eſſe quadrata ipſi ABCD æqualia.

COROLLARIUM 2.

461. Plana ſectionum baſi parallele factarum ſunt quadrata ipſi æqualia (§. 459 *Geom.* & §. 81 *Arithm.*), conſequenter etiam æqualia inter ſe (§. 87 *Arithm.*).

DEFINITIO 6.

Tab. VIII. Fig. 142. 462. Si planum deſcribens IKLM fuerit parallelogrammum; *Parallelepipedum* deſcribitur.

COROLLARIUM 1.

463. Plana ſectionum baſi parallele factarum ſunt parallelogramma ipſi æqualia (§. 81 *Arithm.*), adeoque & æqualia inter ſe (§. 87 *Arithm.*).

COROLLARIUM. 2.

464. Cum LM & NO ſint æquales & inter ſe parallelæ (§. 462 *Geom.* & §. 81 *Arithm.*); etiam MO & LN æquales ſunt & parallelæ (§. 257), conſequenter LMNO parallelogrammum (§. 102). Eodem modo oſtenditur, plana terminantia reliqua eſſe parallelogramma. Terminatur adeo parallelepipedum ſex parallelogrammis, quorum bina oppoſita inter ſe æqualia ſunt.

DEFINITIO 7.

Tab. VIII. Fig. 143. 465. Si circulus AB juxta ductum rectæ AD motu ſibi ſemper parallelo deorſum feratur, *Cylindrus* deſcribitur; *rectus* quidem, ſi recta CF centra baſium C & F jungens, quæ *Axis* dicitur, fuerit ad diametrum DE perpendicularis; *ſcalenus* vero, ſi ad angulos obliquos eidem inſiſtat. Quodſi parallelogrammum rectangulum CBEF circa latus unum CF gyretur; *cylindrum* deſcribit *rectum.*

COROLLARIUM.

466. Sunt ergo non modo baſes cylindri AB & DE æquales; verum etiam ſectiones baſibus parallelæ ſunt circuli iisdem & inter ſe æquales.

DEFINITIO 8.

467. Si recta quædam KM in peripheria circuli NM ita incedat, ut conſtanter inhæreat puncto fixo K; deſcribetur *Conus* NKM. Recta ex puncto K, qui *vertex* coni dicitur, ad centrum baſis L ducta dicitur *Axis coni:* qui ſi ad diametrum circuli NM fuerit perpendicularis, *Conus rectus* eſt; ſi vero ad angulos obliquos eidem inſiſtat, *ſcalenus.* Linea deſcribens KM ſeu recta ex vertice in peripheriam baſis ducta vocatur *Latus Coni.* Poſſumus quoque *Coni* geneſin ita concipere, ut circellus infinite parvus, dum motu ſibi ſemper parallelo Tab. IX. Fig. 144.

ita

Digitized by Google

ita deorſum fertur, ut centrum continuo ſit in axe KL, radius PQ axi KP proportionaliter continuo augeatur. Quodſi triangulum rectangulum KLM circa rectam KL gyretur; *Conus* deſcribitur *rectus*.

COROLLARIUM.

468. Quodſi PQ ipſi LM parallela; per ultimam coni geneſin erit KL : KP = PQ : LM. Quare cum PQ & LM ſint radii circulorum ſibi invicem parallelorum; planum ſectionis baſi coni parallele facta circulus eſt eadem minor.

SCHOLION.

469. *Ex geneſi ultima coni apparet, in definitionibus geometricis geneticis tanquam entium imaginariorum admitti etiam poſſe miraculoſa. Et quoniam in cono obliquo latus coni non ejusdem longitudinis in quovis peripheria puncto; patet lineam deſcribentem KM, quæ altero ſui extremo peripheria* NM *conſtanter adhæret, per punctum fixum K aliqua ſui parte nunc deorſum, nunc ſurſum moveri debere.*

DEFINITIO 9.

Tab. IX. Fig 145. 470. Si ſemicirculus K juxta diametrum AB gyretur; *Sphæra* deſcribitur, diciturque diameter circuli AB etiam *Diameter* atque *Axis Sphæræ*, centrum C etiam *Centrum Sphæræ*.

COROLLARIUM.

471. Omnes ergo rectæ ex ſphæræ ſuperficie in centrum ductæ ſunt inter ſe æquales (§. 40).

DEFINITIO 10.

472. *Pyramis* eſt ſolidum terminatum circumcirca tot triangulis ADC, DCB & ABD in uno puncto D coëuntibus, quot baſis ABC latera habet. Dicitur autem *triangularis, quadrangularis, quinquangularis* &c. ſi baſis triangularis, quadrangularis, quinquangularis &c. Tab. IX. Fig. 146.

COROLLARIUM. 1.

473. Si *ac*, *cb*, *ba*, lateribus AC, CB, BA baſis ACB parallelæ ducantur; erit DC : D*c* = CA : *ca* = CB : *cb* (§. 268), adeoque CA : *ca* = CB : *cb* (§. 167 *Arithm.*), conſequenter cum eodem modo oſtendi poſſit eſſe CA : *ca* = AB : *ab*, erit triangulum *acb* ſimile triangulo ACB. (§. 207) Quare ſi pyramis triangularis ACDB ſecatur plano baſi parallelo; planum iſtud huic ſimile erit.

COROLLARIUM 2.

474. Quoniam pyramis multangularis in tot triangulares reſolvi poteſt, quot ſunt latera baſis demtis duobus, nempe quadrangularis in duas, quinquangularis in quinque &c. ſi pyramis multangularis plano baſi parallelo ſecetur, conſtabit id ex triangulis, quæ ſingula ſingulis ſimilia ſunt, in quæ reſolvitur baſis (§. 473), conſequenter cum vi demonſtrationis primæ problematis 47 (§. 363) pateat, ſimiles eſſe figuras rectilineas quaſcunque, quæ ex triangulis ſimilibus eodem ordine inter ſe junctis componuntur, in qua-

Digitized by Google

in quavis pyramide planum ſectionis baſi parallelum eſt figura baſi ſimilis.

DEFINITIO 11.

Tab. IX. Fig. 147. 148. 149. 150. 475. *Tetraëdrum* eſt ſolidum quatuor; *Octaëdrum* eſt ſolidum octo; *Icoſaëdrum* eſt ſolidum viginti triangulis æquilateris & æqualibus comprehenſum; *Dodecaëdrum* vero ſolidum duodecim pentagonis regularibus & æqualibus contentum.

DEFINITIO 12.

Tab. IX. Fig. 151. 476. *Inclinatio plani* KEGL *ad planum* ACDB eſt angulus HFI, quem efficiunt rectæ HF & FI in puncto F ad lineam ſectionis EG perpendiculares.

DEFINITIO 13.

477. *Menſura ſolidi* eſt cubus, cujus latus perticæ unius, dicitur que *Pertica cubica.* Hæc dividitur in *Pedes, Digitos,* &c. *cubicos,* hoc eſt, in cubos, quorum latus pedem, digitum &c. adæquat.

CAPUT II.

De

SECTIONE ET SITU PLANORUM.

THEOREMA 1.

Tab. XI. Fig. 175. 478. *Rectæ lineæ pars quædam AB non eſt in ſubjecto plano DE, pars vero BC in ſublimi.*

DEMONSTRATIO.

Sit enim, ſi fieri poſſit, pars lineæ rectæ AB in plano DE, pars vero altera BC in ſublimi. Cum linea recta terminata utrinque produci poſſit (§. 21); producatur AB in F: erit ergo AB pars rectæ AF. Sed eadem AB eſt pars rectæ ABC, *per hypoth.* Punctum igitur rectam deſcribens in B mutat directionem, cum & verſus F, & verſus C progredi valeat, ubi ad B pervenit: quod cum ſit abſurdum (§. 19), rectæ lineæ quædam pars AB non poteſt eſſe in ſubjecto plano DE, pars vero quædam BC in ſublimi. *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

Tab. XI. Fig. 176. 479. Duæ igitur rectæ ADEB & CDEF ſegmentum commune DE habere nequeunt (§ 478), conſequenter duæ rectæ CAB & CF ſe mutuo non interſecant niſi in uno puncto D.

CO-

Digitized by Google

COROLLARIUM 2.

Tab. XI. Fig. 177. 480. Cumque pars rectæ AD eſſet in ſubjecto plano, pars vero BD in ſublimi, ſi trianguli ADE pars eſſet in ſubjecto plano, pars vero DBCE in ſublimi; triangulum ABC erit in eodem plano.

COROLLARIUM. 1.

Tab. XI. Fig. 178. 481. Et quoniam rectarum BE & DC ſe mutuo ſecantium in A partes AB & AC ſunt crura trianguli ABC; erunt eadem in eodem plano (§.480). Sed in eodem plano eſt EA, in quo eſt AB, & AD in eodem eſt, in quo eſt AC (§. 478). Ergo lineæ ſe mutuo ſecantes EB & DC in eodem ſunt plano.

THEOREMA 2.

Tab. XI. Fig. 179. 482. *Si duo plana ABCD & EFHG ſe mutuo ſecent; erit communis ſectio recta IK.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam rectæ AB & EF ſe mutuo non interſecant niſi in puncto I, nec rectæ DC & GH niſi in puncto K (§. 479); ſi communis planorum ſectio non eſt recta unica, ſed aliquod planum, termini illius plani in punctis I & K coire debent. Ducantur ergo in plano EFHG recta ILK & in plano ABCD recta IMK, quod fieri poſſe patet, ſi ſectio communis planorum ABCD & EFHG non eſt recta unica IK, utut planum ſectionis lineis curvis in punctis I & K coëuntibus terminari ſumas (§.191). Duæ igitur rectæ ILK & IMK, cum earum extrema in I & K coincidant, totæ in punctis unam coincidere debent (§. 170), conſequenter communis ſectio eſſe nequit niſi recta jungens puncta I & K. *Q.e.d.*

THEOREMA 3.

483. *Si duæ rectæ AB & CD fuerint in eodem plano, recta EF eas ſecans in G & H erit in eodem plano.* Tab. XI. Fig. 180.

DEMONSTRATIO.

Secet planum aliud planum datum, in quo poſitæ ſunt rectæ AB & CD in punctis G & H; recta tranſiens per G & H eſt communis ſectio planorum (§. 482). Sed eadem eſt pars lineæ EF (§.170), quæ duas AB & CD ſecat *per hypoth.* Recta igitur EF eſt in eodem plano, in quo ponuntur duæ AB & CD. *Q. e.d.*

THEOREMA 4.

484. *Si recta IE fuerit perpendicularis ad rectam KL in plano ABCD ductam; erit ea perpendicularis ad rectas omnes MN, OP &c. quæ per punctum E ducuntur.* Tab. XI. Fig. 181.

DEMONSTRATIO.

Concipiamus enim rectam KL, cui

cui IE perpendiculariter inſiſtit, circa punctum E moveri, donec ipſi MN immineat. Quoniam recta KL cum recta MN coincidit (§. 36), IE vero ſitum ad eandem non mutat; erit ipſa IE etiam perpendicularis ad MN. Eodem modo patet, eandem rectam IE etiam perpendicularem eſſe debere ad rectam OP & quamcunque aliam per punctum E in plano ABCD ductam. *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

485. Recta igitur IE ad rectam KL in plano ABCD perpendicularis omnibus rectis per punctum E in eodem plano ductis ad angulos rectos inſiſtit (§. 78).

SCHOLION.

486. *Hinc* linea recta *IE* ad planum *ABCD* perpendicularis *definitur, quod ad rectas omnes lineas in plano ductas, a quibus illa tangitur, angulos rectos facit.*

THEOREMA 5.

Tab. XI. Fig. 182. 487. *Si recta IE fuerit ad planum ABCD perpendicularis, & ex E tanquam centro in eodem plano deſcriptus ſit circulus; erunt rectae IG, IF &c. ab eodem puncto ſublimi ad peripheriam ductae inter ſe aequales.*

DEMONSTRATIO.

Ducantur ex centro E ad puncta peripheriae F, G &c. radii EF, EG &c. erit EF = EG (§. 40), cumque anguli FEI & GEI ſint recti (§. 485), etiam FEI = GEI (§. 145). Quare cum porro ſit EI = EI; erit FI = GI (§. 179). *Q. e. d.*

THEOREMA 6.

488. *Ex eodem puncto E ad planum ABCD nonniſi unica perpendicularis EI duci poteſt.* Tab. XI. Fig. 181.

DEMONSTRATIO.

Ducatur, ſi fieri poteſt, adhuc alia EQ & per punctum E in plano recta OP; erit cum EQ, tum EI ad eandem rectam OP perpendicularis (§. 486): quod cum ſit abſurdum (§. 213), ex eodem puncto E nonniſi unica perpendicularis ad planum EI erigi poteſt. *Q. e. d.*

THEOREMA 7.

489. *Ab eodem puncto I in ſublimi dato ad idem planum ABCD perpendicularis nonniſi unica IE demitti poteſt.* Tab. IX. Fig. 182.

DEMONSTRATIO.

Demittatur enim, ſi fieri poteſt, adhuc alia IG. Jungantur puncta E & G in plano recta EG; erit IEG triangulum in eodem plano (§. 480). Duo igitur in triangulo ad baſin anguli E & G recti ſunt (§. 486): quod cum

ſit

ſit abſurdum (§. 218), a puncto I ad planum ABCD nonniſi unica perpendicularis demitti poteſt. *Q. e. d.*

THEOREMA 8.

Tab. XI. Fig. 182. 490. *Linea perpendicularis IE eſt breviſſima, quæ a puncto extra planum dato ad idem duci poteſt.*

DEMONSTRATIO.

Ducatur enim recta adhuc alia IG & jungantur puncta E & G in plano recta EG; erit triangulum IEG in eodem plano (§. 480) & angulus ad E rectus (§. 486). Eſt igitur EI < IG (§. 220). *Q. e. d.*

THEOREMA 9.

Tab. XI. Fig. 183. 491. *Si recta LE duabus rectis FE & HE, vel pluribus FE, HE, IE in eodem puncto E concurrentibus perpendiculariter inſiſtat; erunt duæ illæ rectæ FE & HE, vel plures FE, HE & IE in eodem plano ABCD.*

DEMONSTRATIO.

Sit enim, ſi fieri poteſt recta, EH in plano AB CD & EF in plano LEGK. Erit ergo linea EG cum EH in eodem plano, conſequenter LE perpendicularis ad EH inſiſtet ipſi EG ad angulum rectum (§. 485). Sed cum LE etiam ipſi EF ſit perpendicularis *per hypoth.* erit etiam angulus LEF rectus (§. 78), conſequenter angulus LEF ipſi LEG æqualis (§. 145), pars nempe toti (§. 9 *Arithm.*): quod cum ſit abſurdum (§. 84 *Arithm.*), rectæ FE & HE, quibus recta LE in puncto E perpendiculariter inſiſtit, in eodem ſunt plano ABCD. *Quod erat unum.*

Si plures fuerint rectæ EF, EH, EI &c. quibus recta EL perpendiculariter inſiſtit; patet *per demonſtrata*, eſſe rectas EI & EH, itemque EH & EF in eodem plano ABCD. Sunt igitur & rectæ EI & EF, conſequenter omnes rectæ EI, EH & EF in eodem plano ABCD. *Quod erat alterum.*

THEOREMA 10.

492. *Lineæ rectæ GE & HF eidem plano ABCD perpendiculares ſunt inter ſe parallelæ; & ſi una parallelarum GE & HF fuerit ad planum perpendicularis, etiam ad idem perpendicularis erit altera.* Tab. XI. Fig. 184.

DEMONSTRATIO.

Ducatur recta EF & cum GE perpendicularis ſit ad planum ABDC *per hypoth.* inſiſtat ea rectæ EL in plano iſto ductæ ad angulos rectos; erit ergo etiam GE perpendicularis ad EF (§. 484).

Digitized by Google

Sumatur EL = EF & moveatur GE juxta ductum rectæ EL, donec in L perveniat, ita ut rectæ EL ſemper inhæreat ad angulum rectum; erit LI perpendicularis ad EL (§. 78) & ipſi GE parallela (§. 256). Moveatur recta EL cum ſua perpendiculari LI, donec ipſi EF congruat (§. 168), conſequenter punctum E in F cadat (§. 3). Quoniam LI rectæ EF eſt perpendicularis *per demonſtrata;* ad idem vero punctum F ejusdem rectæ EF nonniſi unica recta perpendicularis eſſe poteſt (§. 213); etiam recta LI cadet in rectam FH, atque adeo HF erit ad EF perpendicularis, conſequenter HF & GE inter ſe parallelæ. *Quod erat unum.*

Sint jam GE & HF inter ſe parallelæ & GE ad planum perpendicularis. Patet ut ante ſi ponatur perpendicularis ad rectam EL, eam etiam perpendicularem eſſe debere ad EF. Ad eandem EF igitur etiam perpendicularis eſt HF (§. 210), conſequenter HF perpendicularis ad planum ABDC (§. 484. 486). *Quod erat alterum.*

COROLLARIUM.

493. Rectæ igitur omnes ad rectam EF in plano GEFH perpendiculares etiam ad planum ABDC perpendiculares ſunt.

SCHOLION.

494. *Hinc* Euclides planum *definit* ad planum rectum *ſive* perpendiculare, *cum omnes recta linea, qua communi planorum ABDC & GEFH ſectioni EF perpendiculares ducuntur in planorum uno GEFH, recta ſunt alteri plano ABDC.*

THEOREMA II.

495. *Rectæ AB & EF, quæ ſunt eidem rectæ CD parallelæ, non tamen in eodem cum ipſa plano, ſunt inter ſe parallelæ.* Tab. XI. Fig. 185.

DEMONSTRATIO.

Ducatur in plano parallelarum AB & CD recta GH ad AB perpendicularis, & ex H perpendicularis HI ad EF in plano parallelarum CD & EF. Junganturpuncta G & I recta GI; erit triangulum GHI in eodem plano (§ 480). Quoniam AG perpendicularis ad GH & EI perpendicularis ad HI *per conſtruct.* erunt etiam AG & EI perpendiculares ad GI (§. 484), conſequenter inter ſe parallelæ (§. 256). *Q. e. d.*

THEOREMA 12.

496. *Si duæ rectæ AC & CB fuerint parallelæ duabus rectis DF & FE, etiamſi non ſint in eodem pla-* Tab. X. Fig. 167.

plano, anguli, quos comprehendunt, æquales ſunt.

DEMONSTRATIO.

Fiat CB = FE & AC = FD: quoniam CB parallela ipſi FE & CA parallela ipſi FD *per hypotheſin;* erit BE ipſi CF & AD eidem CF parallela & æqualis (§. 257), conſequenter BE parallela (§. 232) & æqualis (§. 87 *Arithm.*) ipſi AD, ac ideo AB parallela & æqualis ipſi DE (§. 257). Eſt igitur angulus DFE = ACB (§. 204). *Q. e. d.*

THEOREMA 13.

Tab. XI. Fig. 186. 497. *Si recta IK duobus planis ABCD & EFGH fuerit perpendicularis, erunt plana inter ſe parallela.*

DEMONSTRATIO.

Ducatur recta IM in plano ABCD & erigatur ML ad eam perpendicularis, quæ plano EFGH in L occurrit, cumque angulus I rectus ſit *per hypoth.* ad IK parallela eſt (§. 256), conſequenter plano EFGH ad angulos rectos inſiſtit (§. 492). Quamobrem ſi puncta L & K jungantur recta LK, erit angulus K rectus (§. 485), conſequenter LM = IK (§. 238). Cum eodem modo demonſtretur rectam ex quovis alio puncto plani ABCD ductam ipſi IK parallelam eidem æqualem eſſe; plana ABCD & EFGH ubivis a ſe invicem eodem intervallo diſtare (§. 225) patet. Sunt igitur inter ſe parallela.

SCHOLION.

498. *Nimirum* planum *ABCD* alteri *EFGH dicitur* parallelum, *perinde ac recta alteri recta parallela eſt* (§. 81), *ſi ubivis eandem ab eodem diſtantiam ſervat.*

THEOREMA 14.

499. *Si planum ADCB ſecet duo plana parallela EFGH & IKLM; erunt ſectiones AD & BC inter ſe parallelæ.* Tab. XI. Fig. 187.

DEMONSTRATIO.

Ponamus enim ſectiones AD & BC non eſſe inter ſe parallelas; ergo continuatæ alicubi concurrent (§. 81. 83). Cum igitur ſi plana cum ipſis continuentur totæ in iisdem ſint (§. 478); ipſa quoque plana EFGH & IKLM concurrent. Parallela igitur non ſunt (§. 498): quod cum ſit abſurdum, ſectiones AD & BC planorum parallelorum EFGH & IKLM parallelæ ſunt. *Q. e. d.*

THEOREMA 15.

500. *Si duæ rectæ lineæ ſe mutuo tangentes AC & AB duabus aliis ſe mutuo tangentibus EG & EF fuerint parallelæ, etiam plana* Tab. XI. Fig. 188.

ACDB & EGLF per ipſas ducta erunt parallela.

DEMONSTRATIO.

Concipiatur AH ad planum EGLF recta & ex H ducantur HK ac HI rectis EF atque EG parallelæ (§. 258); erunt eædem HK & HI etiam parallelæ rectis AB & AC (§. 495). Perpendicularis igitur AH ad HK etiam perpendicularis eſt ad AB (§. 230); conſequenter planum ABCD parallelum plano EFLG (§. 497). *Q. e. d.*

THEOREMA 16.

Tab. XI. Fig. 189. 501. *Duæ lineæ rectæ NR & OS a planis parallelis ABDC, EF HG, IKLM proportionaliter ſecantur, ut nempe ſit* PR : PN = TS : OT.

DEMONSTRATIO.

Jungantur puncta ſectionum N & O, R & S rectis NO & RS, ducaturque recta OR; erit triangulum NOR & ſimiliter triangulum OSR in eodem plano (§. 480), & PQ parallela ipſi NO, QT vero parallela ipſi RS (§. 499). Eſt igitur RQ : QO = RP : PN & QR : QO = TS : OT (§. 268), conſequenter RP : PN = TS : OT (§. 167 *Arithm.*). *Q. e. d.*

PROBLEMA 1.

Tab. XI. Fig. 182. 502. *Ad datum planum ABDC in dato puncto E erigere perpendicularem EI.*

RESOLUTIO.

Ducatur ex puncto E in dato plano ABDC intervallo quocunque EG circulus, & ex centro E erigatur recta EI ea lege, ut punctum I quodcunque a peripheriæ punctis quibuscunque F & G æqualiter diſtet: erit ea ad planum ABCD in dato puncto E perpendicularis (§. 487).

COROLLARIUM 1.

503. Cum triangulum IEG & quodcunque eodem modo determinatum veluti EIF ſit rectangulum; evidens eſt, ſi crus unum normæ ita ad EG vel EF applicetur, ut vertex anguli recti, quem crura comprehendunt, ſit in centro E, fore crus alterum ad planum ABCD in dato puncto E perpendiculare: ut adeo pateat normæ uſus in erigendis perpendicularibus ad planum datum in puncto dato.

SCHOLION.

504. *Neceſſe eſt ut normæ crura non deſinant in aciem tenuem, ſed aliquam habeant latitudinem, ut norma ad rectam EG applicata ſit ad planum recta, nec oculorum judicium fallat.*

COROLLARIUM 2.

505. Quodſi punctum I extra planum detur, norma ſuper plano, erecta huc illuc ve promovenda, donec crus erectum idem attingat, ſi e puncto I perpendicularis IE inde demittenda. Quodſi crus normæ brevius ſit, quam ut punctum

ctum I attingere poſſit, cum filo ex puncto I extenſo idem coincidere debet.

THEOREMA 17.

Tab. XI. Fig. 190. 506. *Si in plano CFGH uno recta EH eſt ad planum ABCD perpendicularis, omnis recta IK vel LM ad ſectionem HG perpendicularis eſt ad planum perpendicularis.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam recta EH eſt ad planum recta *per hypotheſin*, IK vel LM ducatur ipſi EH parallela (§. 258); erit IK vel LM ad HQ perpendicularis (§.230), conſequenter eædem IK & LM etiam perpendiculares ſunt ad rectas quascunque alias, quæ per puncta K & M in plano ducuntur, veluti ad PQ & RS (§.484), adeoque ad planum ipſum (§.486). *Q.e.d.*

SCHOLION.

507. *Coincidit hoc theorema cum corollario theorematis 10 (§. 193): unde definitionem plani perpendicularis ad alterum deduximus.*

THEOREMA 18.

Tab. XI. Fig. 191. 508. *Sectio NO duorum planorum EFGH & IKLM ad idem tertium ADCB perpendicularium eſt ad idem planum perpendicularis.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam planum EFGH ad planum ADCB perpendiculare *per hypoth.* ex puncto O duci poterit in plano EFGH recta ad planum ADCB perpendicularis (§. 507). Eodem modo patet, ex eodem puncto O duci poſſe rectam intra planum IKLM ad planum ADCB perpendicularem. Quare cum ad idem punctum O eidem plano ADCB nonniſi unica perpendicularis inſiſtere poſſit (§. 488), communis autem planorum IKLM & EFGH ſectio NO nonniſi unica recta ſit (§.482); ſectio illa communis NO erit illa perdicularis, quæ in utroque plano EFGH & IKLM ad planum ADCB duci poteſt. *Q.e.d.*

THEOREMA 19.

509. *Plani KLGE ad planum ABDC in omnibus punctis F, f &c. inclinatio eadem.* Tab. IX. Fig. 151.

DEMONSTRATIO.

Erigantur ex punctis F & *f* perpendiculares FH & *fh* in plano ABDC & aliæ FI & *fi* in plano EKLG (§.212); fiatque HF = *hf*

&FI

& FI = *fi*, erunt HF & *hf*, itemque FI & *fi* parallelæ (§. 256), conſequenter etiam H *h* & I *i* parallelæ ipſi F *f* & H *h* = F *f*, itemque I *i* = F *f* (§. 257), adeoque etiam H *h* parallela ipſi I *i* (§. 495) & H *h* = I *i* (§. 87 *Arithm.*). Quoniam itaque HI & *hi* inter ſe parallelæ atque æquales ſunt (§. 257); erunt anguli F & *f* æquales (§. 204), atque adeo inclinatio plani ad id planum in ſingulis punctis eadem (§. 476). *Q. e. d.*

CAPUT III.

De SOLIDORUM CONSTRUCTIONE.

PROBLEMA 2.

Tab. VIII. Fig. 141. 142. 510. *Cubum ADCBFEHG vel parallelepipedum IKMLQNOP in plano deſcribere,*

RESOLUTIO.

1. Conſtruatur pro cubo rhombus DABC (§. 340); pro parallelepipedo rhomboides IKLM (§. 341).
2. Conſtruantur porro pro cubo quadratum AEFB & rhombus BCGF (§. 338. 340), pro parallelepipedo rectangulum LMON, cujus latus LN altitudini æquale & rhomboides MKPO (§. 339. 341).

Cum rhombi pro quadratis, & rhomboides pro rectangulis conſtruantur; ut plana lateralia FBCG & MKPO videri poſſint; erit ſolidum AG cubus (§. 459); ſolidum vero IP parallepipedum (§. 462).

PROBLEMA 3.

511. *Priſma ACBFDE in plano deſcribere.*

RESOLUTIO.

1. Deſcribatur baſis, e. gr. triangulum ACB, ſi priſma fuerit triangulare. Tab. VIII. Fig. 140.
2. In A excitetur perpendicularis ad AB altitudini æqualis AE (§. 249).
3. Conſtruantur parallelogramma ACED, BCDF (§. 341).

Erit

Digitized by Google

Erit ACBFDE priſma triangulare (§. 456. 457).

PROBLEMA 4.

Tab. IX. Fig. 146. 512. *Pyramidem DACB in plano deſcribere.*

RESOLUTIO.

1. Deſcribatur baſis, e. gr. triangulum ACB, ſi triangularis fuerit, ita tamen ut latus AB, tanquam a facie averſum, non exprimatur.
2. Super AC & CB conſtruantur triangula ADC & CDB in puncto D coëuntia: ſeu aſſumto vel determinato puncto D, ducantur rectæ AD, CD, BD.

Erit ADBC pyramis triangularis (§. 472).

PROBLEMA 5.

Tab. IX. Fig. 152. 513. *Rete deſcribere, ex quo cubus conſtrui poſſit.*

RESOLUTIO.

1. In rectam AB latus cubi quater transferatur.
2. In A erigatur perpendicularis AC lateri cubi AI æqualis (§. 249) & parallelogrammum AC BD compleatur (§. 339).
3. Intervallo lateris cubi determinentur quoque in CD puncta K, M & O.
4. Denique ducantur rectæ IK, LM, NO & BD, producanturque IK & LM utrinque in E & F atque in G & H, donec fiat EI = IK = KF & GL = LM = MH & agantur rectæ EG, FH.

DEMONSTRATIO.

CK & AI ad AC perpendiculares ſunt *per conſtr.* & AI = CK = AC, *per conſtr.* Ergo ACKI quadratum (§. 338). Non abſimili modo oſtenditur eſſe IKML, ML NO &c. quadrata ipſi AK æqualia. Eſt itaque ADFG rete, ex quo cubus conſtrui poteſt (§. 460). *Q. e. d.*

PROBLEMA 6.

514. *Rete deſcribere, ex quo parallelepipedum conſtrui poteſt.* Tab. IX. Fig. 153.

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

1. In rectam BD transferatur ex B in H latitudo, ex H in I longitudo, ex I in K iterum latitudo, & ex K in D longitudo parallelepipedi.
2. Super his lineis tanquam baſibus conſtruantur parallelogramma AH, EI, FK & GD, quorum communis altitudo AB altitudini parallepipedi æqualis.
3. Super EF vero & HI conſtruantur

antur parallelogramma EM & HO, quorum altitudo EL & HN latitudini parallepipedi æqualis (§.339).

Quoniam AEBH=GFIK, EHIF =GCKD, ELMF=HNOI (§.383); ex hoc reti parallelepipedum conſtruere licet (§. 463. 464). *Q. e. f. & d.*

PROBLEMA 7.

515. *Rete pro priſmate deſcribere.*

RESOLUTIO.

Tab. IX. Fig. 154.

1. Conſtruatur baſis priſmatis e. gr. pro triangulari triangulum KBD.
2. Continuetur latus BD in A & E, donec fiat AB = BK & DE =DK.
3. Super AB, BD & DE conſtruantur parallelogramma AG, BH, DF, quorum altitudo AC altitudini priſmatis æqualis (§.339).
4. Denique ſuper GH triangulum GIH, ipſi BKD æquale (§.205).

Ex hoc reti priſma triangulare, nec abſimili modo multangulare quodcunque conſtruetur (§.457).

THEOREMA 20.

Tab. IX. Fig. 155.

516. *Superficies cylindri recti ſeclusis baſibus æqualis eſt rectangulo ſub peripheria & altitudine cylindri.*

DEMONSTRATIO.

Concipiatur arcus EF adeo parvus ut pro linea recta haberi poſſit, ducanturque rectæ EG & FH inter ſe parallelæ & ad EF perpendiculares. Quoniam etiam EF ipſi GH parallelus (§.465); erit EGHF rectangulum. Superficies itaque cylindri in innumera rectangula, ipſi EFGH æqualia reſolvitur, quorum communis altitudo eſt EG ſeu altitudo cylindri (§.229), baſes vero junctim ſumtæ peripheriæ æquantur. Ergo eadem æqualis eſt rectangulo ſub peripheria & altitudine cylindri (§.389). *Q. e. d.*

SCHOLION.

517. *Nimirum arculus in quolibet caſu tam exiguus aſſumitur, ut, ſi ejus differentia multiplicari ſupponatur per numerum partium, in quas peripheria concipitur diviſa, prodeat particula in dato caſu inaſſignabilis, adeoque contemtibilis parvitatis: quod fieri poſſe patet, quod polygonum circulo inſcriptum continuo appropinquat ad peripheriam. Et idem tenendum eſt in aliis caſibus, ubi de infinite parvo ſermo fuerit. Sed ex inſtituto ea de re dicimus in philoſophia prima.*

PROBLEMA 8.

518. *Rete pro cylindro deſcribere.*

RE-

RESOLUTIO.

1. Eadem diametro deſcribatur circulus AB & CD.

Tab. IX. Fig. 156. 2. Inveniatur horum peripheria (§. 429).

3. Super BC altitudini cylindri æqualis conſtruatur rectangulum (§. 339), ita ut CD ſit peripheriæ inventæ æqualis.

Ex hoc reti conſtrui poteſt cylindrus (§. 517).

THEOREMA 21.

Tab. IX. Fig. 157. 519. ***Superficies coni recti ſecluſa baſi æqualis eſt triangulo, cujus baſis peripheria, altitudo latus coni.***

DEMONSTRATIO.

Si arcus LM infinite parvus adeoque a recta non differens; triangulum KLM pro rectilineo recte habetur, cumque angulus K ſit infinite parvus; anguli L & M a rectis non differunt (§. 240), eſtque adeo KM ad LM perpendicularis (§. 78), conſequenter trianguli KML altitudo (§. 228). Sed coni recti ſuperficies in innumera iſtiusmodi triangula inter ſe æqualia reſolvitur (§. 467. 251). Ergo integra coni recti ſuperficies æqualis eſt triangulo, cujus altitudo lateri, baſis peripheriæ coni æqualis (§. 389). *Q.e.d.*

COROLLARIUM.

520. Superficies coni recti æquatur ſectori circuli latere coni tanquam radio deſcripti, cujus arcus peripheriæ coni æqualis (§. 415), adeoque ad ſuam peripheriam eam rationem habet, quam diameter baſis ad latus coni (§. 412 *Geom.* & §. 167 *Arithm.*).

PROBLEMA 9.

521. *Rete pro pyramide deſcribere.*

RESOLUTIO.

Sit e. gr. conſtruenda pyramis triangularis. Tab. IX.

1. Radio AB deſcribatur arcus BE & ei applicentur tres chordæ BC, CD & DE inter ſe æquales. Fig. 158.

2. Super DC conſtruatur triangulum æquilaterum DFC ducanturque rectæ AD & AC.

Ex hoc reti pyramis conſtrui poteſt (§. 472).

SCHOLION.

522. *Si latera baſis pyramidis DC, CF & DF inæqualia fuerint; evidens eſt fieri debere ED = DF & CB = CF. Nec adeo latet, quid facto opus ſit, ſi baſis fuerit polygonum ſive regulare, ſive irregulare.*

PROBLEMA 10.

523. *Rete pro Cono recto deſcribere.*

RESOLUTIO.

Tab. XI. Fig. 159.

1. Diametro baſis AB deſcribatur.

circulus & diameter producatur in C, donec AC lateri coni æqualis fiat.

2. Quæratur ad 2 AC & AB in numeris determinatas, atque 360° numerus quartus proportionalis (§. 302 *Arithm:*).

3. Radio CA ex centro C deſcribatur arcus DE & ope inſtrumenti transportatorii fiat angulus DCE, conſequenter arcus DE (§. 54) numero graduum invento æqualis.

Erit ſector CDE cum circulo AB rete pro cono recto (§. 520).

COROLLARIUM.

524. Quodſi ex A in F transferatur latus coni truncati & radio CF arcus GH deſcribatur, tandemque ad 360, numerum graduum arcus GH atque FC numerus quartus proportionalis quæratur & inde diameter circuli I F determinetur; habebitur rete pro cono truncato. Eſt enim CDBAE rete pro cono integro, CGFIH pro cono abſciſſo (§. 523): ergo DBEHIG pro truncato.

PROBLEMA 11.

525. *Rete pro Tetraëdro deſcribere.*

RESOLUTIO.

Tab. IX. Fig. 160.

1. Conſtruatur triangulum æquilaterum DEF (§. 198).
2. Super ſingulis ejus lateribus conſtruantur adhuc alia itidem æquilatera DAE, EBF & FCD (§. cit.).

Ex hoc reti tetraëdrum conſtrui poteſt (§. 475).

COROLLARIUM.

526. Quodſi BC continuetur in H, donec fiat CH = FC, & ut in reſolutione problematis conſtruantur triangula æquilatera CHI, CGH, HLI, DCI (§. 198); ex reti octaëdrum conſtrui poteſt (§. 475). Tab. IX. Fig. 161.

PROBLEMA 12.

527. *Rete pro Icoſaëdro deſcribere.*

RESOLUTIO.

Tab. X. Fig. 162.

1. Conſtruatur triangulum æquilaterum ABC (§. 198).
2. In baſi AB continuata fiat AB = BF = FG = GH = HD.
3. Per C agatur ipſi AB parallela CE (§. 258) & fiat AB = CI = IK = KL = LM = ME.
4. Ducantur rectæ CS per C & B, NT per I & F, OV per K & G &c.
5. Similiter ducantur aliæ rectæ YO per B & I, SP per F & K, TQ per G & L &c.

Dico ex hoc reti conſtrui poſſe Icoſaedrum.

DEMONSTRATIO.

Demonſtrandum eſt, viginti triangula ACB, CBI, CIN, BSF, BIF,

BIF, IOK &c. æquilatera & inter ſe æqualia eſſe (§. 475): id quod ſequenti ratione pateſcit. Quoniam CE parallela ipſi AD *per conſtruct.* & AC ipſi BI (§. 257); erit $o = x$ & $m = n$ (§. 233), conſequenter CAB =& ∽ CBI (§.251) Eodem modo oſtenditur eſſe CBI =& ∽ BIF =& ∽ FIK &c. Porro quoniam CI & BF ſunt inter ſe æquales atque parallelæ *per conſtr.* erit NT parallela ipſi CS (§. 257), adeoque $y = u$ & $t = o$ (§. 233), conſequenter CIN =& ∽ CBI (§.251). Eodem modo oſtenditur eſſe CBI =& ∽ IOK =& ∽ KPL &c. =& ∽ BSF =& ∽ FTG &c. Sunt itaque omnia triangula inter ſe æqualia & æquilatera. *Q. e. d.*

PROBLEMA 13.

Tab. X. Fig. 163. 528. *Rete pro dodecaëdro deſcribere.*

RESOLUTIO.

1. Deſcribatur pentagonum regulare (§.352).
2. Applicata regula ad A & D ducantur rectæ AG & DE ipſi AB æquales.
3. Eodem modo ducantur AI & HC, BL & KD, BN & EM &c.
4. Intervallo lateris pentagoni fiat interſectio in Q ex G & L, in R ex N & O, in S ex H & F &c. ducanturque GQ & QL, NR & OR, HS & FS &c.
5. Eodem modo conſtruantur pentagona reliqua *a, b, c, d, e, f.*

DEMONSTRATIO.

Demonſtrandum eſt pentagona omnia eſſe regularia ipſique ABC DE æqualia (§. 475). Nimirum AB = GA = BL = GQ = QL, *per conſtr.* Cumque anguli u menſura ſit arcus dimidius ABCD (§. 324), anguli vero pentagoni E ſimiliter ſit menſura dimidius arcus ABCD (§. 314); erit angulus u angulo pentagoni E æqualis (§.141). Et quoniam eodem modo oſtenditur, eſſe quoque angulum x angulo pentagoni æqualem; erit ABLQG pentagonum regulare (§.352), idque ob latus commune AB ipſi AEDCB æquale (§. 177. 161). Eadem demonſtratio cum de reliquis pentagonis valeat; evidens eſt, omnia & regularia & inter ſe æqualia eſſe. *Q. e. d.*

PROBLEMA 14.

529. *Corpora Geometrica conſtruere.*

RESOLUTIO.

1. Delineentur retia in charta ex-

pluribus foliis compacta (§. 511 & ſeqq.).

2. Delineata exſcindantur, reſecta charta ſuperflua juxta eorum perimetros.

3. Exſciſſa agglutinentur chartæ coloratæ.

Tab. IX. Fig. 160. 4. Hujus ſuperfluum ita reſecetur, ut partibus perimetri alternis margines quidam relinquantur, quemadmodum in reti tetraëdri indicavimus.

5. Singula retium intra perimetrum lineamenta, e. gr. EF, FD & DE in reti tetraëdri, ſcalpello profundius imprimantur, ut commode complicari queant latera perimetri ſolidi.

6. Denique retia complicentur & marginum ope conglutinentur.

THEOREMA 22.

530. *Cubus, Tetraëdrum, Octaëdrum, Dodecaëdrum & Icoſaëdrum ſunt corpora regularia, nec præter hæc quinque aliud poſſibile.*

DEMONSTRATIO.

Cubus ſex quadratis, tetraëdrum quatuor, octaëdrum octo, icoſaëdrum viginti triangulis regularibus, dodecaëdrum denique duodecim pentagonis regularibus inter ſe æqualibus terminatur (§. 460. 475). Sunt igitur hæc corpora regularia (§. 453). *Quod erat unum.*

In tetraëdro tres, in octaëdro quatuor, in icoſaëdro quinque anguli plani trianguli regulais ad ſolidum efficiendum concurrunt (§. 523. 524. 525). Quoniam vero ſumma 6 iſtiusmodi angulorum eſt 360° (§. 243); triangulis regularibus nullum corpus præter illa tria contineri poteſt (§. 452). In cubo tres anguli quadrati ſolidum efficiunt (§. 511). Quare cum ſumma quatuor iſtiusmodi angulorum ſit 360° (§. 98. 144); quadratis nullum corpus continetur niſi cubus. In dodecaëdro tres anguli pentagoni regularis ſolidum conſtituunt (§. 526). Quia vero ſumma quatuor eſt 432°, & ſumma trium in reliquis figuris regularibus 360° major (§. 345), ad anlum vero ſolidum conſtituendum minimum tres plani requiruntur (§. 447); pentagonis regularibus nonniſi dodecaëdrum, figuris vero plurium laterum nullum corpus terminari poteſt. Corpora igitur regularia nonniſi quinque ſunt. *Quod erat alterum.*

CA-

CAPUT IV.

De

DIMENSIONE SOLIDORUM.

PROBLEMA 15.

531. *Superficiem ac ſoliditatem Cubi determinare.*

RESOLUTIO.

I. Cum ſuperficies cubi ex ſex quadratis æqualibus componatur (§. 460); latus cubi in ſeipſum ducatur & factum per 6 multiplicetur (§. 370).

Tab. X. Fig. 164. II. Quodſi idem factum in latus ducatur: prodibit ſoliditas cubi. Sit e. gr. latus cubi AB 2° 7′ 4″.

AB = 274	Baſis = 75076
274	AB = 274
1096	300304
1918	525532
548	150152
ABDC = 75076	Solidit. 20570824
6	
Superfic. 450456	

DEMONSTRATIO.

Cum menſuræ ſolidorum ſint cubi, quorum latera perticæ, pedi, digito &c, æqualia (§. 477); ſoliditatem cubi determinaturus invenire debet, quot perticæ, pedes, digiti &c. cubici in eo contineantur. Quodſi jam latus in partes quodcunque æquales diviſum concipiamus, tot erunt cuborum ordines, quot in latere AB partes & in quolibet ordine totidem exiſtent, quot in baſi ACFE quadrata. Quare ſi baſin ACFE, hoc eſt, factum ex latere cubi in ſeipſum (§. 370), per latus cubi AB multiplices; prodibit numerus cuborum minorum, ex quibus major componitur. *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

532. Si latus cubi fuerit 10, erit ſoliditas 1000: ſi illud 12, hæc 1828. Quare cum pertica Geometrarum ſit 10 pedum, pes 10 digitorum &c. (§. 25); pertica cubica eſt 1000 pedum cubicorum, pes cubicus 1000 digitorum cubicorum &c. Hinc in exemplo noſtro ſoliditas cubi eſt 20° 570′ 824″. Similiter cum pertica Rhenana ſit 12 pedum, pes 12 digitorum; pertica cubica eſt 1728 pedum, pes cubicus 1728 digitorum. Quare ſi in noſtro exemplo 20570824 dividas per 1728, quotus erit 11904′ & 712″. Quodſi 11904′ porro dividas per 1728; quotus erit 6° & 1536, adeoque habebis 6°, 1536′ & 712″.

SCHO-

SCHOLION.

533. *Patet adeo, quantum diviſio menſura in 10 partes præſtet diviſione in 12.*

COROLLARIUM 2.

534. Cubi ſunt in ratione triplicata laterum (§. 259 *Arithm.*) & æquales, ſi latera æqualia ſint.

THEOREMA 23.

535. *Parallelepipeda, Priſmata & Cylindri, quorum baſes & altitudines æquantur, æqualia ſunt.*

DEMONSTRATIO.

Concipiantur hæc corpora planis eorum baſibus parallelis ſecari in diſcos craſſitiei quantumlibet exiguæ. Quoniam altitudines æquantur, *per hypoth.* ex uno tot diſci prodibunt, quot ex altero. Cumque plana ſectionum baſi parallelarum eidem æqualia (§. 463. 456. 466); baſes vero illorum corporum inter ſe æquales ſunt, *per hypoth.* etiam diſci ſinguli unius corporis diſcis ſingulis alterius æquantur (§. 87 *Arithm.*), conſequenter cum diſci omnes ſimul ſumti cum corporibus idem ſint, corpora tota inter ſe æqualia ſunt (§. 88 *Arithm.*). *Q. e. d.*

PROBLEMA 16.

Tab. VIII. Fig. 142. 536. *Metiri ſuperficiem ac ſoliditatem parallelepipedi.*

RESOLUTIO.

1. Quæratur area parallelogrammorum ILMK, LMON & OMKP (§. 375. 387).
2. Addantur in unam ſummam & hæc multiplicetur per 2. Erit factum ſuperficies parallelepipedi (§. 464).
3. Quodſi baſis ILMK multiplicetur per altitudinem; prodibit ſoliditas ejusdem.

Sit e. gr. LM = 36′, MK = 15′, MO = 12′ & parallelepipedum rectangulum.

LM = 36	LM = 36	MK = 15
MK = 15	MO = 12	MO = 12
180	72	30
36	36	15
LIKM 540	LMON 432	MOKP 180

MO 12 LIKM 540
MOKP 180
1080
54 1152
2

Solid. 6°480′ 2°304′ Superficies.

DEMONSTRATIO.

De parallelepipedo rectangulo eadem valet demonſtratio, qua in probl. 15 (§. 531) uſi ſumus. Cum vero obliquangulum æquetur rectangulo ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis (§. 535); ducta baſi in altitudinem habetur

quo-

quoque ſoliditas obliquanguli. *Q. e. d.*

THEOREMA 24.

537. *Planum diagonale AHFD dividit parallelepipedum ABDCEFG in duo priſmata ADCEFH & ADBGFH inter ſe æqualia.*

DEMONSTRATIO.

Tab. X. Fig. 165. Diagonalis AD dividit parallelogrammum CABD in duo triangula æqualia ACD & DBA (§. 337). Habent ergo priſmata baſes æquales. Quare cum DF perpendicularis ad DB (§. 462), ſit etiam perpendicularis ad DA & DC, adeoque cum ad triangulum ADB, tum ad alterum ADC (§. 492. 494); eadem quoque erit utriusque altitudo DF (§. 227), & ipſa itidem æqualia ſunt (§. 536). *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

538. Eſt ergo priſma triangulare dimidium parallelepipedi ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis.

PROBLEMA 17.

539. *Metiri ſuperficiem ac ſoliditatem priſmatis.*

RESOLUTIO.

1. Quæratur baſis (§. 392. 400. 402) & multiplicetur per 2.
2. Quærantur porro areæ parallelogrammorum priſma circumcirca terminantium & earum ſumma addatur facto antecedenti.

Ita prodibit ſuperficies integra priſmatis (§. 456). Tab. VIII. Fig. 140.

3. Quodſi baſis BAC per altitudinem CD multiplicetur; habebitur ejusdem ſoliditas.

E. gr. Sit BC = 4°3′2″, AG = 3°5′7″.
CD = 8°6′9″.

½BC =	216″	AC =	432′
AG =	357	CD =	869
	1512		3888
	1080		2592
	648		3456
Baſis	77112	ACDE	375408
CD	869		
	694008		1126224
	462672	2 ABC	154224
	616896	Superfic.	1280448

°670′103″28 Solidit.

DEMONSTRATIO.

Priſma triangulare eſt dimidium parallelepipedi ſuper dupla baſi, ſed ejusdem altitudinis (§. 539). Quodſi vero dupla baſis, hoc eſt parallelogrammum multiplicetur per altitudinem; ſoliditas parallelepipedi prodit (§. 537). Ergo ſi ſimpla, hoc eſt, triangulum per

(Wolffii Math. Tom. I.) Hh ean-

eandem altitudinem multiplicetur; parallelepipedi dimidium, hoc eſt, priſmatis ſoliditas habetur. Omnia priſmata reliqua cum in triangularia reſolvi poſſint; eorum quoque ſoliditas prodit, baſi per altitudinem multiplicata. *Q. e. d.*

SCHOLION.

540. *In exemplo noſtro aſſumſimus, priſmatis baſin eſſe triangulum regulare. Quodſi vero baſis fuerit figura irregularis; parallelogramma lateralia inaequalia ſunt, adeoque area uniuscujusque ſigillatim invenienda.*

PROBLEMA 18.

Tab. VIII Fig. 143. 541. *Data diametro AB & altitudine cylindri CF; invenire ſuperficiem ac ſoliditatem ejus.*

RESOLUTIO.

1. Quaeratur peripheria baſeos & baſis ipſa (§. 429), haecque multiplicetur per 2.
2. Peripheria ducatur in altitudinem; quod prodit eſt ſuperficies ſecluſis baſibus (§. 517).
3. Quare ſi eidem addatur factum antecedens; habebitur ſuperficies integra.
4. Ducatur quoque baſis in altitudinem. Factum erit ſoliditas cylindri.

E. gr. Sit AB = 5°6′, CF = 24°6′; erit

peripheria =	17584
CF =	24600
	10550400
	70336
	35168
Sup. absq; Baſ.	432566″|00
Dupl. Baſ.	492352
Superfic.	481°80′16″
Baſis =	2461 7″ 6
CF =	2460
	14770560
	984704
	492352
	6°055′919″60

DEMONSTRATIO.

Cum circulus aequalis ſit triangulo, cujus baſis peripheria, altitudo radius (§. 410); cylindrus aequalis erit priſmati triangulari eandem cum ipſo altitudinem & baſin aequalem habenti (§. 520). Ejus ergo ſoliditas habetur, ducta baſi in altitudinem (§. 539). *Q. e. d.*

THEOREMA 25.

542. *Pyramides & Coni ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis ſunt aequales.* Tab. X. Fig. 156.

DEMONSTRATIO.

Sit ACB unum e triangulis, qui-

quibus terminatur pyramis una; ABD vero unum e triangulis, quibus terminatur altera: ducta EL ipſi AB parallela (§.258), erit IK=LM (§.226); adeoque ob CK = DM *per hypoth.* CI = DL (§.91 *Arithm.*): EF vero & GH erunt latera planorum, quibus ſecantur pyramides baſibus ſuis parallelorum. Jam cum ſit △CEF ∽ △CAB & △DGH ∽ △DAB (§.268); erit CI:CK=EF:AB & DL:DM=GH:AB (§.396). Sed CI=DL & CK=DM, *per demonſtr.* Ergo EF : AB = GH : AB (§. 167 *Arithm.*), conſequenter EF=GH (§.177 *Arithm.*). Jam ſi pyramides ſecantur planis baſi parallelis, plana ſectionum baſi ſimilia ſunt (§.474), conſequenter planum, cujus latus eſt EF, erit ad baſin ut EF^2 ad AB^2, & planum, cujus latus eſt GH, erit ad eandem baſin ut GH^2 ad AB^2 (§.406). Quare cum $EF^2=GH^2$ *per demonſtr.* planum, cujus latus eſt EF & planum, cujus latus eſt GH, ad baſin eandem rationem habent (§. 168 *Arithm.*), conſequenter plana iſta inter ſe æqualia ſunt (§.177 *Arithm.*). Igitur & diſci quantumlibet exiguæ craſſitiei in eadem a baſi diſtantia inter ſe æquantur. Quoniam itaque ob æquales altitudines *per hypoth.* ex una pyramide tot diſci ſecari poſſunt, quot ex altera; pyramis una alteri æqualis ſit neceſſe eſt (§.88 *Arithm.*). *Quod erat unum.*

Quodſi triangula ACB & ADB fuerint ſectiones triangulares conorum; erunt EF & GH diametri circulorum baſi communi parallelorum (§. 468), Cum adeo circuli iſti æquales ſint (§. 171), eodem quo ante modo demonſtratur, conos æquales eſſe. *Quod erat alterum.*

THEOREMA 26.

543. *Priſma triangulare in tres pyramides æquales dividi poteſt.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam planum ACB parallelum plano ADE (§.456), pyramides ABCF & DFEA habent altitudinem eandem (§. 458) atque baſes ACB & DFE æquales (§.457). Sunt ergo æquales (§. 543). Similiter cum BEFC ſit parallelogrammum (§.457), △CFB=△BFE (§ 337). Habent adeo pyramides ACBF & BEFA æquales baſes. Quoniam vero hæ baſes in eodem ſunt plano, quod per ſe patet, & verticem communem

Tab. X. Fig. 167

munem in A habent, ab eodem vero puncto ſublimi A ad idem planum BEFC nonniſi unica perpendicularis duci poteſt (§. 488); pyramides iſtæ eandem quoque altitudinem habent, conſequenter æquales ſunt (§. 543). Quamobrem tres iſtæ pyramides inter ſe æquantur (§. 87 *Arithm.*). *Q. e. d.*

SCHOLION.

544. *Si ex ligno paretur priſma & debita ratione ſecetur; demonſtratio captui tyronum magis accommodatur. Immo ad bilancem æqualitas ponderum examinari & inde magnitudinis æqualitas colligi poteſt.*

COROLLARIUM 1.

545. Pyramis triangularis eſt tertia pars priſmatis ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis.

COROLLARIUM 2.

546. Et quoniam multangulare quodvis in triangularia reſolvi poteſt; quælibet pyramis eſt pars tertia priſmatis ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis (§. 187 *Arithm.*).

COROLLARIUM 3.

547. Quia conus pro pyramide infinitangula haberi poteſt & cylindrus pro priſmate infinitangulo, conus pars tertia eſt cylindri ſuper æquali baſi & ejusdem altitudinis.

PROBLEMA 19.

548. *Metiri ſuperficiem ac ſoliditatem pyramidis & coni.*

RESOLUTIO.

Quæratur ſoliditas priſmatis vel cylindri eandem cum pyramide vel cono baſin habentis (§. 540. 542), inventaque per 3 dividatur: quotus erit ſoliditas pyramidis vel coni (§. 547. 548).

E. gr. Si ſoliditas priſmatis fuerit 67010328‴, ut in probl. 17. (§. 540); erit ſoliditas pyramidis 22336770‴. Si ſoliditas cylindri fuerit 605592960‴ ut in probl. 18 (§. 542); erit ſoliditas coni 201864320.

Superficies pyramidis habetur, ſi tam baſis ABC, quam triangulorum lateralium ACD, CBD, BDA areæ inveſtigentur (§. 392) atque in unam ſummam colligantur. Tab. IX. Fig. 146

Coni denique recti ſuperficies prodit, peripheria baſeos in latus ejus dimidium ducta (§. 519) & baſi, qui circulus eſt, eidem addita.

E. gr. Sit diameter coni NM = 56″, erit peripheria 17584‴, baſis 246176″ (§. 429). Sit altitudo KL = 246″. Quoniam LM = ½ NM = 28″ & $KM^2 = KL^2 + LM^2$ = 60516 + 784 = 61300 (§. 417); erit KM = 2475‴ (§. 269 *Arithm.*), conſequenter ſuperficies coni ſecluſa baſi 2166020″ & hinc integra 2412196″. Tab. IX. Fig. 144.

PROBLEMA 20.

549. *Metiri ſuperficiem ac ſoliditatem coni truncati: datis ejus altitudine CH & diametris baſium AB & CD.* Tab. X. Fig. 168. n. 1.

RESO-

RESOLUTIO.

1. Datis diametris baſium CD & AB inveniantur peripheriæ (§. 429).
2. Ad quadratum altitudinis CH addatur quadratum ſemidifferentiæ radiorum AH & ex aggregato extrahatur radix (§. 269 *Arithm.*), ut habeatur latus AC.
3. Semiſumma peripheriarum multiplicetur per latus AC.

Sit e. gr. AB = 8', CD = 6', CH = 10', erit AH = 1'

100 — 314 — 8'
8
―――
2512'' periph. maj.
CH² = 100'
AH² = 1
―――
AC² = 101
Ergo AC = 1005''' fere.
100 — 314 — 6'
6
―――
1884''' Periph. min.
2512 Periph. maj.
―――
4396 Summa.
―――
2198 Semiſumma.
1005 AC
―――
10990
219800
―――
2208990 Superfic. coni ſtrunc.

DEMONSTRATIO.

Superficies coni truncati relinquitur, ſi ſuperficies coni minoris ECD a ſuperficie majoris AEB ſubtrahitur. Sed ſuperficies minoris æquatur triangulo, cujus baſis HI peripheria diametro CD deſcripta, altitudo MK, latus EC; ſuperficies majoris vero triangulo, cujus baſis NO peripheria diametro AB deſcripta, altitudo ML, latus AE (§. 519). Cum vero prior ſit pars poſterioris; illa ex hac ſubtracta, relinquitur pro ſuperficie coni truncati trapezium parallelarum baſium HION, cujus quidem baſes HI & NO peripheriis diametris CD atque AB deſcriptis æquales ſunt, altitudo KL vero latus AC exiſtit. Habetur igitur ſuperficies coni truncati ſemiſumma dictarum peripheriarum in AC ducta (§. 400). *Q. e. d.* Tab. X. Fig. 168 n. 1. n. 2.

Demiſſa ex C perpendiculari CH ad diametrum AB, cum etiam ſit axis EF ad eandem in cono recto perpendicularis (§. 467), erunt CH & EF parallelæ (§. 492). Quamobrem cum triangulum EAF ſecet duo plana parallela CD & AB *per hypoth.* erunt ſimidiametri CG & AF parallelæ (§. 499),

Hh 3 con-

conſequenter CG = HF (§. 226) & CH = FG (§. 238). Soliditatem adeo coni truncati inventurus.

1. Inferat (§. 268): ut differentia ſemidiametrorum AH ad altitudinem coni truncati CH, ita ſemidiameter major AF ad altitudinem coni integri FE, per probl. 33 Arithm. (§. 302 *Arithm.*) inveniendam.

2. Ex hac inventa ſubducat altitudinem coni truncati GF, ut relinquatur altitudo ablati EG.

3. Quærat ſoliditatem conorum CED & AEB (§. 549).

4. Denique illam ex hac auferat; reſidua erit ſoliditas coni truncati ACDB.

E. gr. Sint omnia, ut ante: erit FE = 40′, & hinc EG = 30′.

Periph. major	2512‴
$\frac{1}{4}$ AB	200
Baſis maj.	502400
EF	4000
	2009600000
3	
Conus AEB	$669866666\frac{2}{3}$
Periph. min.	1884‴
$\frac{1}{4}$ CD	$1\frac{1}{2}00$
	94200
	1884
Baſ. min.	282600
$\frac{1}{3}$ EG	1000
Con. CED	282600000
Con. AEB	$669866666\frac{2}{3}$
Con. trunc.	$387266666\frac{2}{3}$

THEOREMA 27.

550. *Sphæra æquatur pyramidi, cujus baſis æqualis ſuperficiei, altitudo autem radio ſphæræ.*

DEMONSTRATIO.

Concipiatur ſuperficies ſphæræ in quadratula infinite exigua reſoluta, quæ a planis non amplius diſſident, & ex centro concipiantur ad eorum angulos ductæ rectæ. Evidens eſt ſphæram conſtare ex innumeris pyramidibus quadratis in centro coëuntibus, quorum altitudines a radiis differunt quantitate inaſſignabili, hoc eſt, revera nulla, baſes vero ſimul ſumtæ ſuperficiei ſphæræ æquantur. Tota igitur ſphæra recte habetur pro pyramide, cujus baſis ſuperficies, altitudo radius ſphæræ. *Q. e. d.*

THE-

Digitized by Google

THEOREMA 28.

Tab. X. Fig. 163. 551. *Sphæra eſt ad cylindrum ſuper æquali baſi & ejusdem altitudinis ut 2 ad 3.*

DEMONSTRATIO.

Si quadratum ABCD cum quadrante DBC & triangulo ADC inſcripto circa latus DC gyretur, ipſum quidem cylindrum (§. 465) quadrans hemiſphærium (§. 470), triangulum conum (§. 476) deſcribit. Altitudo horum corporum cum eadem ſit nempe DC (§. 227); ſi ea in diſcos quantumlibet exiguæ craſſitiei ſecentur, numerus eorum in omnibus idem erit. Sit jam EH ſemidiameter unius diſci cylindri; erit EG ſemidiameter diſci reſpondentis in hemiſphærio, EF ſemidiameter diſci in cono. Cum vero hi diſci ſint circuli, quod ex geneſi patet (§. 131); erunt ipſi inter ſe ut quadrata rectarum EH, EG & EF (§. 408), hoc eſt, cum ſit ob parallelismum EH & CB *per hypoth.* EH = CB (§. 238) = CG (§. 40), atque ob CD : DA = EC : EF (§. 268) & CD = DA (§. 98), EC = EF, ut quadrata rectarum CG, EG & EC. Quare ſi diſcum coni a diſco cylindri ſubtrahas, relinquitur diſcus ſphæræ (§. 417). Idem cum valeat de ſingulis diſcis ex reliquis diviſionibus emergentibus, ſoliditas ſphæræ relinquetur ſoliditate coni ex ſoliditate cylindri ſubducta. Eſt vero Conus $\frac{1}{3}$ Cylindri (§. 547) Ergo ſphæra duas ejusdem partes tertias continet. *Q. e. d.*

THEOREMA 29.

552. *Cubus diametri eſt ad ſphæram propemodum ut 300 ad 157.*

DEMONSTRATIO.

Si diameter ſphæræ 100, cubus ejus 1000000 (§. 531) & cylindrus eandem cum ſphæra baſin & altitudinem habens 785000 (§. 541); conſequenter ſphæra 157000 : 3 (§. 551). Eſt itaque cubus diametri ad ſphæram ut 1000000 ad 1570000 : 3, hoc eſt, ut 300 ad 157 (§. 178 *Arithm.*). *Q. e. d.*

SCHOLION.

553. *Dico cubum diametri eſſe ad ſphæram propemodum ut* 300 *ad* 157. *In demonſtratione enim aſſumitur ratio prope vera diametri ad peripheriam* 100 : 314 (§. 426.).

THEOREMA 30.

554. *Superficies ſphæræ eſt quadrupla circuli radio ſphæræ deſcripti.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam ſphæra æqualis eſt pyramidi, cujus baſis eſt ſuperficies, altitu-

altitudo radius ſphæræ (§. 551) ſuperficies ejus habetur, ſi ſoliditas per tertiam ſemidiametri aut ſextam diametri partem dividitur (§. 548). Eſt vero ſoliditas ſphæræ factum ex $\frac{1}{3}$ Circuli maximi in diametrum (§. 551. 541). Quare ſi hoc factum per $\frac{1}{6}$ Diametri dividas, (ſeu, quod perinde eſt, primum per diametrum, ut quotus ſint $\frac{1}{3}$ circuli maximi, hoc eſt, circuli circa diametrum ſphæræ deſcripti, (§. 210 *Arithm.*), & deinde per $\frac{1}{6}$ (§. 208. 210 *Arithm.*)) erit quotus $\frac{12}{3}$ circuli maximi (§. 243 *Arithm.*), hoc eſt quadruplus circuli maximi (§. 223 *Arithm.*). Sed idem eſt ſuperficies ſphæræ, *per demonſtrata.* Ergo ſphæræ ſuperficies circuli maximi quadrupla. *Q. e. d.*

COROLLARIUM.

555. Area circuli maximi eſt factum ex peripheria ejus in quartam diametri partem (§. 429). Ergo quadruplum hujus circuli eſt factum ex peripheria in diametrum. Superficies ergo ſphæræ habetur, peripheria in diametrum ducta, conſequenter rectangulo æqualis eſt, cujus baſis peripheria circuli radio ſphæræ deſcripti altitudo, diameter ſphæræ (§. 375).

PROBLEMA 21.

556. *Data diametro ſphæræ, invenire ſuperficiem ac ſoliditatem ejus.*

RESOLUTIO.

1. Quæratur peripheria circuli radio ſphæræ deſcribendi (§. 429).
2. Inventa ducatur in diametrum. Factum eſt ſuperficies ſphæræ (§. 556).
3. Hoc ſi porro multiplicetur per ſextam diametri partem; prodibit ſphæræ ſoliditas (§. 550. 540).

E. gr. Sit diameter $5600'''$, erit
Periph. Circuli $17584''''$
Diam. 5600

10550400
87920

Superf. Sphær. $984704''|00$
$560''$

59082240
4923520

551434240

45 4
551434240 ($91905706\frac{2}{3}$ Sol. Sphær.
66666666

Aliter.

1. Quæratur cubus diametri 175616000' (§. 531).
2. Inveniatur porro ad 300, 157 & cubum

cubum inventum 175616000‴ numerus quartus proportionalis 91905706$\frac{2}{3}$ (§. 302 *Arithm.*), qui erit ſoliditas ſphæræ (§. 552).

SCHOLION.

557. *Segmenta ſphaeræ ac ſectores inferius in Analyſi facilius invenire docemus quam hoc loco fieri poterat.*

PROBLEMA 25.

558. *Metiri ſoliditatem ac ſuperficiem quinque corporum regularium.*

RESOLUTIO.

Cubi ſoliditas inveſtigatur per probl. 15. (§. 539.). Tetraëdrum cum ſit pyramis & Octaëdrum pyramis geminata, icoſaëdrum vero ex viginti pyramidibus triangularibus, dodecaëdrum ex duodecim quinquangularibus conſtet, quarum baſes in ſuperficie icoſaëdri & dodecaëdri ſunt, vertices in centro coëunt (§. 472. 475); horum corporum ſoliditas habetur per probl. 19 (§. 548). Superficies eorundem prodit, ſi area figuræ unius ex terminantibus ipſa quæratur (§. 392. & 402) & inventa per numerum, a quo corpus denominatur, multiplicetur, nempe pro tetraëdro per 4, pro hexaëdro ſeu cubo per 6, pro octaëdro per 8, pro dodecaëdro per 12, pro icoſaëdro per 20 (§. 475).

PROBLEMA 23.

559. *Corporis irregularis cujuscunque ſoliditatem invenire.* Tab. X. Fig. 170.

RESOLUTIO.

1. Immittatur corpus parallelepipedo cavo eique aqua aut arena ſuperfundatur & altitudo aquæ ſeu arenæ AB notetur.
2. Corpore extracto, obſervetur denuo aquæ aut arenæ complanatæ altitudo AC.
3. Subtrahatur AC ex AB, ut relinquatur BC.
4. Quoniam corpus irregulare æquatur parallelepipedo, cujus baſis ECGF, altitudo BC; ejus ſoliditas invenietur per probl. 16 (§. 536).

Sit e. gr. AB 8′, AC 5′; erit BC 3′. Sit porro DB 12′, BE 4′; erit ſoliditas corporis 144′.

SCHOLION 1.

560. *Quodſi corpus in aqualiculo iſtiusmodi commode deponi nequeat, e. gr. ſi ſtatuam certo loco affixam dimetiri jubeamur; priſma quadrangulare aut parallelepipedum circa ipſum conſtrui debet ex aſſeribus. Reliqua peragenda ſunt ut ante.*

COROLLARIUM.

561. Inveniri ergo poteſt, quot linearum cubicarum ſit aliquod lignum, ſi-

rum, metallum aut materia aliqua quæcunque pendens libram unam.

SCHOLION 2.

562. *Hinc in uſus futuros conſtrui poteſt Tabula gravitatem diverſorum corporum oſtendens ſecundum libras, quas pendit eorum pes cubicus: id quod per praxes hydroſtaticas aliis adhuc modis fieri poteſt, uti ſuo loco oſtendemus.*

PROBLEMA 24.

Tab. X. Fig. 171

563. *Invenire ſoliditatem corporis cavi.*

RESOLUTIO.

Caſus I. Si corpus cavum in numero Geometricorum non contineatur, reſolutio eadem, quæ problematis præcedentis (§. 600).

Caſus II. Si corpus cavum fuerit parallelepipedum, priſma, cylindrus, ſphæra, pyramis vel conus; ſoliditas primum totius corporis cavitate incluſa, dein cavitatis, quæ eandem cum corpore figuram habere ſupponitur, per methodos ſupra traditas (§. 536. 539. 541. 548. 556) inveniatur: hac enim ex iſta ſubducta, relinquitur ſoliditas corporis cavi.

Sit e. gr. ſoliditas cylindri cavi AB CD invenienda, ſitque diameter totius corporis AB 56″, longitudo AC 2° 4′ 6″; erit ſoliditas cylindri incluſa cavitate 605′592″960‴. Sit diameter cavitatis 500‴; erit ſoliditas 482′775″000‴: quæ ex ſupra inventa ſubducta relinquit ſoliditatem corporis cavi 122′817″ 960‴.

CAPUT IV.

De SIMILITUDINE AC RATIONE SOLIDORUM.

THEOREMA 31.

564. *Corpora ſimilia ſunt, quorum plana terminantia & numero æqualia & ſimilia exiſtunt.*

DEMONSTRATIO.

Cum corpora ex planorum terminantium concurſu gigni poſſe concipiamus; eodem modo determinantur, ſi plana terminantia & numero æqualia fuerint & ſimilia (§. 119). Sunt igitur & ipſa ſimilia (§. 120). *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

565. Cum in planis ſimilibus anguli

Digitized by Google

guli homologi ſint æquales (*§.* 175), anguli vero ſolidi homologi ex concurſu planorum homologorum (*§.* 446) & in corporibus ſimilibus multitudine æqualium oriantur (*§.* 564); in corporibus ſimilibus anguli ſolidi homologi æquales ſunt (*§.* 449).

COROLLARIUM 2.

566. Quoniam in planis ſimilibus latera homologa ſunt proportionalia (§. 175); ſi e. gr. juxta parallelepipedum ABDCEHGF aliud ſimile abdcehgf (quod in tabula non expreſſimus) poni imaginemur, erit AB:BD = *ab* : *bd* & DB:BG = *db* : *bg*. Quamobrem ex æquo AB : BG = *ab* : *bg* (§. 194 *Arithm.*). Cum adeo ſit AB : *ab* = BD : *bd* & AB : *ab* = BG : *bg* (*§.* 173 *Arithm.*); corporum ſimilium longitudines AB & *ab*, latitudines DB & *db*, itemque altitudines BG & *bg* in eadem ratione exiſtunt.

COROLLARIUM 3.

567. Cubus ſex quadratis æqualibus terminatur (§. 460). Sunt vero quadrata omnia ſimilia (§. 98. 175). Ergo cubi omnes ſunt ſimiles (*§.* 564).

COROLLARIUM 4.

568. Quoniam corpora regularia planis regularibus, adeoque ſimilibus (*§.* 106. 175) & ejusdem quidem ſpeciei numero æqualibus (§. 530) terminantur; corpora quoque regularia ejusdem ſpeciei ſimilia ſunt (§. 564).

COROLLARIUM 5.

569. Omnia igitur Tetraëdra, omnia quoque Octaëdra, Dodecaëdra & Icoſaëdra ſimilia ſunt (§. 530).

THEOREMA 32.

570. *Cylindrorum & Conorum ſimilium altitudines ſunt ut radii baſium; axes ſunt itidem ut radii baſium & iis ſub eodem angulo junguntur.*

DEMONSTRATIO.

Si Coni & Cylindri ſimiles ſunt, ea in iisdem eadem ſunt, per quæ a ſe invicem diſcerni poſſunt (*§.* 24 *Arithm.*). Patet vero Conos & Cylindros non poſſe diſtingui niſi per rationem axis CF vel KL ad diametrum baſis DE vel NM atque angulum CFE vel KLM, quem efficit axis cum diametro (*§.* 465 467). Axes igitur in Conis & Cylindris ſimilibus ad diametros baſium eandem rationem habent & ad eas ſimiliter inclinantur, ſeu ad eundem angulum inſiſtunt. *Quod erat unum.* Tab. VIII. Fig. 143. IX. Fig. 144.

Cum in figuris ſolidis perinde ac in planis (§. 228) altitudo ſit recta ex vertice in baſin ad angulos rectos ducta; in Conis & Cylindris rectis axes ſunt altitudines (§. 465. 467), adeoque patet *per demonſtrata* altitudines tum eſſe diametris baſium proportionales. Et quoniam in ceteris altitudines

in triangulis rectangulis ſubtendunt eosdem angulos obliquos, ſub quibus nempe axes ad diametros inclinantur; ideo axibus (§. 252), conſequenter etiam diametris baſium (§. 167 *Arithm.*) proportionales ſunt. *Quod erat alterum.*

THEOREMA 33.

Tab. IX. Fig. 145. 571. *Omnis ſphæra eſt alteri ſimilis.*

DEMONSTRATIO.

Omnem ſemicirculum eſſe alteri ſimilem, patet ex demonſtratione theorematis 2 part. 1 (§. 135). Sed ſphæra deſcribitur ſemicirculo K circa diametrum AB gyrato (§. 459): omnes igitur ſphæræ eodem modo determinantur (§. 119), adeoque ſimiles ſunt (§. 120). *Q. e. d.*

THEOREMA 34.

572. *Omnia priſmata, parallelepipeda, cylindri, pyramides & coni ſunt in ratione compoſita baſium & altitudinum.*

DEMONSTRATIO.

Sunt enim ut facta ex baſibus in altitudines (§. 536. 539. 541. 548 *Geom.* & §. 178 *Arithm.*): ergo in ratione compoſita baſium & altitudinum (§. 159 *Arithm.*). *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

573. Quare ſi baſes fuerint æquales, altitudinum; ſi altitudines, baſium rationem habent (§. 181 *Arithm.*).

COROLLARIUM 2.

574. Cylindrorum & conorum baſes ſunt circuli (§. 465. 467). Circuli ſunt in ratione duplicata diametrorum (§. 409). Ergo cylindri & coni quicunque ſunt in ratione compoſita ex ſimplici altitudinum & duplicata diametrorum (§. 572); & ſi fuerint æque alti, ut quadrata diametrorum (§. 573).

COROLLARIUM 3.

575. Quare ſi in cylindris altitudo fuerit diametro baſium æqualis; erunt in ratione triplicata diametrorum baſium (§. 159 *Arithm.*).

PROBLEMA 25.

576. *Invenire cubum dato corpori, cujus ſoliditas inveniri poteſt, æqualem, vel qui ſit ad hoc in data quacunque ratione, e. gr. ut 3 ad 1, vel ut 1 ad 4.*

RESOLUTIO.

1. Inveſtigetur ſoliditas corporis per problemata *cap. præc.* tradita.
2. Ex ea vel ejus multiplo aut ſubmultiplo deſiderato, e. gr. triplo aut ſubquadruplo extrahatur radix cubica (§. 282 *Arithm.*), quæ erit latus cubi deſiderati (§. 531 *Geom.* & §. 248 *Arithm.*).

E. gr.

E. gr. Sit ſoliditas cylindri 107°171′875″; reperietur latus cubi æqualis 4°7′5″.

PROBLEMA 26.

577. *Dato corpore, cujus ſoliditas inveniri poteſt, invenire dimenſiones alterius ipſi æqualis dati generis & altitudinis vel baſeos.*

RESOLUTIO.

1. Inveniatur ſoliditas corporis per problemata *cap. præc.* tradita.

2. Dividatur per baſin datam: quotus erit altitudo in priſmatis, parallepipedis & cylindris (*§.* 536. 539. 541 *Geom.* & §. 210 *Arithm.*), tertia vero altitudinis pars in pyramidibus atque conis (§. 548 *Geom.* & *§. cit. Arithm.*).

3. Si altitudo detur, ſoliditas corporis inventa dividatur per eam, ut habeatur baſis priſmatum, parallelepipedorum & cylindrorum; per tertiam altitudinis partem, ut habeatur baſis pyramidum & conorum (§§. *cit.*).

4. Pro parallelepipedis & priſmatis triangularibus & quadrangularibus area baſeos diſcerpatur in factores duos, ut habeatur longitudo & altitudo (§. 387. 392. 402. 456. 462), quorum alteruter pro baſi triangulari priſmatis per 2 multiplicanda (§. 392) & inſuper pro multangularis baſi alter per numerum laterum dividendus, ut prodeat latus figuræ polygonæ (§. 402).

5. Pro Cylindro & cono ex baſi inventa porro quærenda ejus diameter (§. 434).

E. gr. Sit ſoliditas alicujus corporis 3°456′978″. Inveniri debet cylindrus, cujus altitudo 2°4′6″. Reperietur baſis 1°40′55″ fere; diameter 134″.

THEOREMA 35.

578. *Corpora ſimilia, priſmata, parallelepipeda, cylindri, pyramides atque coni ſunt in ratione triplicata homologorum laterum, itemque altitudinum.*

DEMONSTRATIO.

Sunt enim in ratione compoſita baſium & altitudinum (§. 572). Sed baſes ſunt in ratione duplicata homologorum laterum (§. 406. 570) & altitudines lateribus baſium homologis proportionales ſunt (*§.* 566). Ergo corpora ipſa in ratione triplicata laterum homologorum, itemque altitudinum, exiſtunt (*§.* 150 *Arithm.*). *Q. e. d.*

Digitized by Google

THEOREMA 36.

579. *Sphæræ ſunt ut cubi diametrorum.*

DEMONSTRATIO.

Tab. X. Fig. * Sit circulo DAEB quadratum GFIH circumſcriptum (§. 351). Quodſi ſemicirculus AEB cum quadrato dimidio AGHB circa axem communem AB in orbem moveatur, ille ſphæram, hoc cylindrum deſcribet, cujus altitudo AB diametro baſis IH æqualis (§. 470. 465). Quare ſi ponamus circulum adhuc alium cum quadrato ſimiliter circumſcripto; quoniam ex theorematis 2 part. 1. demonſtratione conſtat (§. 135), omnem ſemicirculum eſſe alteri ſimilem, & AB ad BH utrobique eſt ut 1 ad 2, adeoque rectangulum unum alteri ſimile (§. 175); inde generabitur ſphæra & cylindrus alteri ſimilis (§. 119. 120). Cum adeo ea utrobique coincidant, per quæ a ſe invicem diſtingui debebat, quod in utroque caſu gignitur (§. 24 *Arithm.*); erit cylindrus unus ad ſuam ſphæram ut alter ad ſuam (§. 132 *Arithm.*), conſequenter ſphæræ ſunt inter ſe ut iſti cylindri (§. 173 *Arithm.*). Habent ergo rationem triplicatam diametrorum (§. 575) hoc eſt, ut cubi earundem exiſtunt (§. 259 *Arithm.*). *Q. e. d.*

THEOREMA 37.

580. *Æqualia parallelepipeda, priſmata, cylindri, coni & pyramides reciprocant baſes & altitudines.*

DEMONSTRATIO.

Si enim hæc corpora fuerint æqualia, facta ex baſibus in altitudinem æqualia ſunt (§. 536 &c.). Quamobrem altitudo corporis A eſt ad altitudinem alterius B uti reciproce baſis ipſius B ad baſin ipſius A (§. 299 *Arithm.*). *Q. e. d.*

THEOREMA 38.

581. *Cylindrus, cujus altitudo æqualis eſt diametro baſeos, eſt ad cubum diametri ut 785 ad 1000.* Tab. X. Fig. 172. n. 1.

DEMONSTRATIO.

Si diameter AB 100, erit baſis 7850 (§. 429). Et quoniam altitudo DC = AB, *per hypoth.* ſoliditas cylindri 785000 (§. 541). Sed cubus diametri AB = 1000000 (§. 531). Ergo Cylindrus ad cubum diametri ut 785 ad 1000 (§. 181 *Arithm.*). *Q. e. d.*

CA-

Digitized by Google

CAPUT V.
De
STEREOMETRIA DOLIORUM.

PROBLEMA 27.

582. *Virgulam conſtruere, cujus ope haud difficulter invenitur numerus menſurarum fluidi alicujus, e. gr. vini, cereviſiæ &c, in vaſe cylindrico contenti.*

RESOLUTIO.

Tab. X. Fig. 172. n. 1. 2.

1. Diameter vaſis cylindrici AB DE uni menſuræ, qua ad fluida menſuranda utimur, æqualis AB jungatur lineæ indefinitæ A7 ad angulos rectos (§. 249).
2. Ex A transferatur in 1 rectæ AB æqualis; erit B1 diameter vaſis, quod duas menſuras capit, ſed eandem cum vaſe priori altitudinem habet.
3. Fiat A2 = B1, erit B2 diameter vaſis tres menſuras capientis, ſed ejusdem denuo altitudinis cum vaſe, quod nonniſi unam capit. Eodem modo inveniuntur diametri vaſorum capaciorum A4, A5, A6, A7 &c.
4. In unum virgulæ latus transferantur diviſiones inventæ A1, A2, A3, A4 &c. in alterum vero altitudo cylindri uni menſuræ æqualis, quoties fieri poteſt. Ita virgula conſtructa eſt.

Aliter.

Diametri A2, A3, A4, A5, A6, A7 &c. etiam per calculum inveniri in numeris & in particulis diametri AB per modum ſcalæ Geometricæ diviſæ (§. 277) centeſimis aut milleſimis determinari poſſunt. Sit nempe diameter AB = 1000; erit ejus quadratum 1000000. Ex hujus duplo extracta radix quadrata (§. 269 *Arithm.*) erit A2. Si ex triplo, quadruplo, quintuplo &c. radix extrahatur; prodibunt diametri A3, A4, A5 &c. quem in uſum conſtructa eſt tabula ſequens:

Menſ.

Menſ.	Diam.	Menſ.	Diam.	Menſ.	Diam.
1	1.000	17	4.123	33	5.744
2	1.414	18	4.242	34	5.831
3	1.732	19	4.359	35	5.916
4	2.000	20	4.472	36	6.000
5	2.236	21	4.582	37	6.082
6	2.449	22	4.690	38	6.164
7	2.645	23	4.796	38	6.244
8	2.828	24	4.898	40	6.324
9	3.000	25	5'000	41	6.403
10	3.162	26	5.099	42	6.480
11	3.316	27	5.196	43	6.557
12	3.464	28	5.291	44	6.633
13	3.605	29	5.385	45	6.708
14	3.741	30	5.477	46	6.782
15	3.873	31	5.567	47	6.855
16	4.000	32	5.650	48	6.928

DEMONSTRATIO.

Cylindri eandem altitudinem habentes ſunt inter ſe ut quadrata diametrorum (*§.* 574). Ergo quadratum diametri vaſis duas, tres, quatuor &c. menſuras capientis eſt duplum, triplum, quadruplum &c. quadrati diametri vaſis menſuram nonniſi unam capientis. Quare ſi inde radices extrahantur, habebuntur in reſolutione altera diametri ipſæ (*§.* 246 *Arithm.*). Quoniam vero in prima AB = A1, erit ipſius B1 quadratum duplum, quadratum ipſius B2 triplum, quadratum ipſius B3 quadruplum &c. quadrati ipſius A1 (§. 417). Unde denuo patet eſſe rectas A2, A3, A4 &c. diametros vaſorum quæſitas. Quodſi itaque has diviſiones ad diametrum vaſis cylindrici applices; illico conſtabit, quot menſuras capiat vas cylindricum eandem cum iſto baſin, ſed altitudinem illius habens, quod unam menſuram capit. Quare ſi porro ope alterius diviſionis in virgula factæ inveſtiges, quoties altitudo unius menſuræ in altitudine vaſis dati contineatur & per hunc numerum diametrum modo inventam multiplices; prodibit numerus menſurarum cavitatem vaſis dati adimplentium. *Q. e. d.*

SCHOLION 1.

583. *E. gr. Sit diameter vaſis cylindrici* 8, *altitudo* 12; *erit numerus menſurarum, quas capit,* 96.

SCHOLION 2.

584. *Altitudo cylindi menſuram unam capientis quo minor aſſumitur, eo diameter baſis fit major. Unde tam ipſa, quam diametri cylindrorum plures menſuras capientium poſtea facilius in ſuas minutias ſubdividuntur.* Bayerus (c) *ſuadet, ut altitudo nonniſi unius digiti aſſumatur.*

SCHOLION 3.

585. *Inveniuntur autem diametri vaſorum*

(c) in der vollkommenen Viſierkunſt c. 25. p. 126.

ſorum unam vel plures partes decimas menſuræ capientium, ſi decima vel plures decimæ partes vaſis, unam menſuram capientis, dividantur per hujus altitudinem, ut habeatur baſis cylindri circularis (§. 541): etenim hac data diameter habetur per probl. 58 (§. 434). Eodem modo inveniuntur diametri pro ſcrupulis vaſorum duas & plures menſuras capientium.

SCHOLION 4.

586. *Quodſi altitudo vaſis conſtanter eadem retineatur, diametri pro menſuris integris earumque partibus decimalibus hac ratione inveniuntur. Sit e.gr. diameter unius menſuræ* 1 *ſeu* 1000 *partium decimalium; erit ejus quadratum* 1000000: *cujus pars decima* 100 000. *Inde extracta radix quadrata* 316 *continet partes decimales diametri unius menſuræ, quæ conveniunt diametro cylindri decimam menſuræ partem continentis, ejusdem tamen cum cylindro integram menſuram capiente altitudinis. Si ex duplo hujus decimæ nempe* 200000 *radix extrahatur; prodit diameter baſis* $\frac{2}{10}$ *unius menſuræ capientis* 447 *& ita porro. Quodſi quadrato diametri unius menſuræ* 1000000 *adjicias partem decimam* 100000 *& ex ſumma extrahas radicem quadratam* 1.049; *erit ea diameter vaſis, quæ capit* $1\frac{1}{10}$ *menſuræ. Ratio patet per demonſtrationem problematis præſentis. Atque ſic patet, quomodo virgula pithometrica accuratius conſtrui poſſit, ut intervalla inter menſuras integras ſubdividantur in partes decimales.*

Diametri pro menſuris integris & earum partibus decimalibus.

0.1	316	3.0	1.732	6.0	2.449	9.0	3.000
2	447	1	1.761	1	2.469	1	3.016
3	548	2	1.788	2	2.489	2	3.033
4	632	3	1.816	3	2.509	3	3.049
5	707	4	1.844	4	2.529	4	3.066
6	775	5	1.871	5	2.549	5	3.082
7	837	6	1.897	6	2.569	6	3.098
8	894	7	1.923	7	2.588	7	3.114
9	949	8	1.949	8	2.607	8	3.130
		9	1.975	9	2.626	9	3.146
1.0	1.000	4.0	2.000	7.0	2.645	10.0	3.162
1	1.049	1	2.025	1	2.664	1	3.178
2	1.095	2	2.049	2	2.683	2	3.194
3	1.140	3	2.073	3	2.702	3	3.210
4	1.183	4	2.097	4	2.720	4	3.226
5	1.225	5	2.121	5	2.738	5	3.241
6	1.265	6	2.145	6	2.756	6	3.256
7	1.304	7	2.168	7	2.774	7	3.271
8	1.342	8	2.191	8	2.792	8	3.286
9	1.378	9	2.214	9	2.810	9	3.301
2.0	1.414	5.0	2.236	8.0	2.828	11.0	3.316
1	1.449	1	2.258	1	2.846	1	3.331
2	1.483	2	2.280	2	2.864	2	3.346
3	1.517	3	2.302	3	2.881	3	3.361
4	1.549	4	2.324	4	2.898	4	3.371
5	1.581	5	2.345	5	2.915	5	3.391
6	1,612	6	2.366	6	2.932	6	3.406
7	1.643	7	2.387	7	2.949	7	3.421
8	1.673	8	2.408	8	2.966	8	3.436
9	1.703	9	2.429	9	2.383	9	3.451

SCHOLION 5.

587. *Ceterum me non monente patet, cylindrorum menſuram hic conſtitui cylindrum, quemadmodum ſupra ſolidorum omnium menſura aſſumtus eſt cubus. Unde & virgula pithometrica ſic conſtructa* virga cylindrica *appellatur. Similiter hic circulorum menſura conſtitu-*

ſtituitur circulus, ſicuti ſupra omnium ſuperficierum menſura quadratum.

PROBLEMA 28.

588. *Invenire ſoliditatem dolii, hoc eſt, determinare numerum menſurarum, quas capit.*

RESOLUTIO.

Tab. X. Fig. 173

1. Virga pithometrica vi probl. præc. (§. 583) decenter applicata, exploretur tam longitudo dolii AC, quam utraque diameter GH & AB.
2. Cum experientia non invita, rigore licet geometrico repugnante, dolium pro cylindro habeatur, cujus baſis inter fundum & ventrem dolii media æquidifferens; inter AB & GH quæratur numerus medius æquidifferens (§. 348 *Arithm.*), qui *diameter æquata* dici ſolet.
3. Numerus inventus multiplicetur per longitudinem dolii AC, erit factum *vi demonſtrationis probl. præced.* (§. 583) numerus menſurarum, quas capit dolium.

Sit e. gr. AB = 8 AC = 15
GH = 12 ½AB + GH 10

erit AB + GH = 20 capac. dolii 150 menſ.

½ (AB + GH) = 10

SCHOLION 1.

589. *Quodſi contingat, fundum non eſſe perfecte circularem, ſed unam diametrum eſſe altera longiorem, utramque diametrum metiri & earum ſemiſummam pro diametro circuli fundo dolii aqualis aſſumere ſolent.*

SCHOLION 2.

590. *Tabula, ex quibus inter ſe coaſſatis dolia conſtrui ſolent, ultra fundum prominent. Pro longitudine igitur dolii non aſſumenda eſt recta FE, ſed AC, qua habetur, ſi quantitas prominentia tabularum una cum ejus dimidio, cui fundi craſſities aqualis ſupponitur, a recta FE utrinque ſubtrahitur. Solent autem quantitates ſubtrahendas creta notare utrinque in ipſa ſuperficie dolii, e. gr. in K, ſi quantitas ſubtrahenda fuerit IK. Eum in finem peculiarem virgulam parant, in partes minutas aquales diviſam.*

SCHOLION 3.

591. *Alios decepturi ex tabulis in medio gracilibus, circa extrema craſſis & orbibus ligneis pariter craſſis dolium conſtruunt: qua fraus non facile detegitur.*

SCHOLION 4.

592. *Poſſemus equidem ſoliditatem cavitatis dolii eodem modo explorare, quo ſupra corpora cava metiri docuimus (§. 563): ſi enim per ſoliditatem unius menſura divideretur, prodiret dolii capacitas. Enimvero prolixitas calculi obſtat, quo minus ea methodo utantur.*

SCHOLION 5.

593. *Proſtat etiam methodus, qua ſine ullo calculo capacitas dolii invenitur. Utuntur ea in Batavia & variis Germa-*

Germania locis. Sed cum ſupponat, omnia dolia eſſe inter ſe ſimilia & longitudinem duplam diametri aquata, hoc eſt, ſemiſumma diametrorum AB & GH; non tuto ubique adhibetur. Keplerus (d) *illam omnibus reliquis prafert, quia omnes cautelas menſorum in ſe continet.* Virga enim, *inquit*, introrſum immiſſa eliminat craſſitiem tabularum, circulorum qui vincula ſunt, viminumque quibus circuli lignei ſtringuntur. Eliminat & exceſſum marginum, quorum in crenis hærent orbes. Hoc autem ratio alia menſurandi una eademque opera præſtare nulla poteſt. *Unde ad privatorum ſecuritatem fraudesque eliminandas ſuadet*, ut lex illa dolii conſtruendi, quæ tertia parte longitudinis tabularum jubet deſcribere circulum orbium ligneorum magiſtratuum autoritate diligentiaque conſervetur, pœnisque & proſcriptione vaſorum, quæ hanc figuram non habent, vindicetur. *Ea nimirum proportio in doliis Auſtriacis obſervatur.*

SCHOLION 6.

594. *Sunt, qui aſſumunt, dolium ex duobus conis truncatis componi, & ejus ſoliditatem per probl.* 20 (*§.* 549) *quarunt. Alii cum aliis corporibus Geometricis id comparant.* Clavius (e) *alia pro duobus conis truncatis, alia pro fruſto ſphæroidis Archimedea habet, quoad prius conſentiente, quoad poſterius vero contradicente* Keplero. (f) Clavio *tamen aſſentitur* Oughtredus *eumque in finem regulam a ſe inventam propoſuit* (g). Walliſius *pro fruſto fuſi parabolici habet* (h). *Enimvero cum methodus propoſita praxi ſatis reſpondeat, reliqua vero, qua ab Anglis potiſſimum proponuntur,* (i) *utut ex profundiori Geometria derivata, moleſtiores ſint nec ex Elementis Geometria demonſtrari poſſunt; illa contenti eſſe poſſumus. Pauca attamen adhuc dicemus de Virga menſoria a* Keplero *tantopere depradicata fabrica.*

PROBLEMA 29.

595. *Conſtruere virgulam pithometricam, qua ſine calculo capacitatem dolii explorare licet.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Tab. X. Fig. 172. n. 1.

1. Cum vaſa, pro quibus virga hæc paratur, eſſe debeant cylindri, quorum altitudo DC æqualis diametro AB, ſi fiat ut 785 ad 1000 ita ſoliditas unius menſuræ ad numerum quartum proportionalem, per probl. 29 (*§.* 302 *Arithm.*) inveniendum; reperietur cubus diametri cylindri unam menſuram capientis (§. 581).

2. Inde ergo ſi extrahitur radix

Kk 2 cubica

(d) in Steriometria doliorum vinariorum part. 3. art. 3. f. n 3. (e) Geom. pract. lib. 5. c. 10. Tom. II. Oper. f. 145. (f) in Stereometria part. 2. fol. H 3. (g) in Clave Mathematica c. 19. p. m. 103. (h) in Algebra c. 81. Vol. II. Oper. f 350. (i) vid. The general Gauger by Mr. Doughatty p. 141 & ſeqq.

cubica(§. 282 *Arithm.*); prodibit diameter vaſis cylindrici menſuram unam capientis.

3. Jam cum vas illud habeat altitudinem AE vel CD diametro AB æqualem & diagonalis BE aſſumatur pro indice capacitatis *per hypoth.* ſi ex duplo quadrati diametri modo inventæ AB extrahatur radix (§. 269 *Arithm.*); prodibit index vaſis BE menſuram unam capientis (§. 417).

4. Ut porro inveniantur diagonales ſimilium vaſorum, quæ capiunt menſuras duas, tres, quatuor &c. tenendum eſt, ea eſſe ut cubos diametrorum (§. 578), conſequenter etiam ob ſimilitudinem triangulorum, quale ABE (§. 183), ut cubos diagonalium (§. *cit.* & §. 260 *Arithm.*). Quare ſi diagonalis vaſis unam menſuram capientis concipiatur in 1000 partes diviſa & ex cubi 1000000000 duplo 2000000000, triplo 3000000000: quadruplo 4000000000 &c. extrahantur radices cubicæ (§. 282 *Arithm.*); prodibunt diagonales vaſorum, quæ duas, tres, quatuor &c. menſuras capiunt.

5. Denique longitudo diagonalis primæ transferatur in virgulam & una dividatur in 1000 partes æquales (§. 277): ita enim ex parata hac ſcala particulas milleſimas diagonalibus reliquis competentes in virgulam transferre licet.

Quoniam itaque dolium in præſente caſu habetur pro cylindro gemino, cujus altitudo æqualis eſt ſemiſummæ diametrorum orbis AB & ventris GH eſtque FB = ½ (AB + GH), adeoque GB diagonalis in cylindro, cujus diameter ſemiſumma diametrorum AB & GH; capacitas ejus ſtatim innoteſcit, ſi per orificium G virgula usque ad B detrudatur. *Q. e. i. & d.* Tab. X. Fig. 171.

SCHOLION 1.

596. *Conſtructioni virgulæ itaque inſerviit Tabula ſequens.*

Menſ.	Diag.	Menſ.	Diag	Menſ.	Diag	Menſ.	Diag
1	1000	16	2519	31	3141	46	3583
2	1259	17	2571	32	3174	47	3608
3	1442	18	2620	33	3207	48	3634
4	1587	19	2668	34	3239	49	3659
5	1709	20	2714	35	3271	50	3683
6	1817	21	2758	36	3301	51	3708
7	1912	22	2802	37	3332	52	3732
8	2000	23	2843	38	3361	53	3756
9	2080	24	2884	39	3391	54	3779
10	2154	25	2924	40	3419	55	3802
11	2223	26	2962	41	3448	56	3825
12	2289	27	3000	42	3476	57	3848
13	2351	28	3036	43	3503	58	3870
14	2410	29	3072	44	3530	59	3892
15	2466	30	3107	45	3556	60	3914

SHO-

Digitized by Google

SCHOLION 2.

597. Virgula *hæc* cubica *appellari ſolet, quemadmodum præcedens* cylindrica. *Et facile ad alia dolia ſimilia conſtruitur, in quibus longitudo dimidia GF fuerit ad diametrum æquatam FB in quacunque ratione, modo in cylindro unam menſuram capiente altitudo AE ad diametrum AB in eadem fuerit.*

PROBLEMA 30.

598. *Virgam pithometricam conſtruere ad determinandam quantitatem fluidi in dolio non pleno.*

RESOLUTIO.

1. Aſſumatur dolium aqua plenum, cujus capacitas jam cognita & numerus menſurarum e. gr. per 20 aut numerum alium minorem vel majorem dividatur, prout dolii capacitatem in partes majores vel minores dividi commodum viſum fuerit.

Tab. IV. Fig. 81.

2. Dolio beneficio libellæ Q ita collocato, ut axis ejus ſit horizonti parallelus, virga per orificium ventris intrudatur, donec fundum dolii attingat.
3. Ea quantitate fluidi ex dolio emiſſa, quæ numero menſurarum per diviſionem paulo ante n. 1. invento reſpondet, in virgula notetur decrementum altitudinis in fluido, quod exprimit totius capacitatis partem vigeſimam.
4. Eodem modo notabis decrementum altitudinis, reliquis particulis vigeſimis quantitatis fluidi in dolio contenti reſpondens.
5. Horum decrementorum intervallis in una virgulæ facie notatis; altera dividitur in partes quotcunque minutas inter ſe æquales, ultra vigeſimarum intervalla inæqualia continuandas, e. gr. in 200 aut plures.

Ita virga pro dolio non pleno metiendo conſtructa eſt.

SCHOLION.

599. *Quodſi in uſum domeſticum pro eodem dolio iſtiuſmodi virgulam parare volueris, ſufficit decrementorum intervalla in una ejus facie notari, nec opus eſt faciei alterius in partes æquales diviſione. Decrementa quoque altitudinis fluidi notantur numeris, qui quantitati ex dolio emiſſæ reſponderit, e. gr. ſi integrum dolium capiat 64 menſuras & una effluxerit, in fine decrementi altitudinis ſcribitur 63.*

PROBLEMA 31.

600. *Determinare quantitatem fluidi in dolio non pleno.*

RESOLUTIO.

1. Inveſtigetur capacitas totius dolii *per probl. 28.* (§. 588).
2. Dolio libellæ beneficio ita collocato, ut axis ejus ſit horizonti parallelus, ne ſcilicet fluidum in- Tab. X. Fig. 173.

in una dolii parte altius ſit, quam in altera, virga per problema præcedens (§. 599) parata per orificium dolii G intrudatur, donec fundum in H attingat.

3. Ea rurſus extracta notetur, quot partes in facie æqualium vino madidæ ſint.

4. Hinc inferatur: ut numerus partium æqualium in altera virgulæ facie profunditati totius dolii GH reſpondentium ad numerum ſimilium partium altitudini fluidi LH convenientium, ita numerus earundem partium, quæ intervallo ſcrupulorum vigeſimorum congruunt, ad numerum quartum proportionalem *per probl. 33. Arithm.* (§. 302) inveniendum.

5. Capiatur circino intervallum tot partium æqualium in virga, quot numerus inventus exprimit & transferatur in ſcalam ſcrupulorum vigeſimorum, noteturque eorum numerus, quæ ipſi congruunt.

6. Per hunc dividatur numerus menſurarum, quas dolium integrum capit: quotus erit numerus menſurarum, quas fluidum in dolio contentum replere poteſt. *Q. e. i*

F. gr. ſit GH 160, HL 58, numerus partium æqualium, quæ integro ſcrupulorum vigeſimorum intervallo congruunt, 120, capacitas denique dolii 128 menſurarum.

Fiat: 160 — 58 — 120   42
40)   4   3   3   1̶7̶4̶ ($43\frac{1}{2}$
  174   4̶4̶

Ponamus partibus $43\frac{1}{2}$ æqualibus reſpondere in ſcala inæqualium $\frac{4}{20}$ ſive $\frac{1}{5}$. Quodſi itaque 128 per 5 dividas, quotus $25\frac{3}{5}$ numerum menſurarum indicabit, quas fluidum in dolio contentum replere poteſt.

SCHOLION.

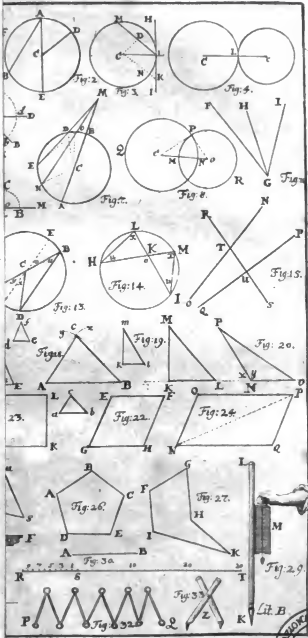
601. *Si dolia omnia eſſent ſimilia, per methodum propoſitam ſatis accurate inveniretur quantitas fluidi in dolio non pleno: ſed in diſſimilibus eadem exacte reperiri hac ratione nequit. Nondum autem inventa eſt methodus, & rigori geometrico ſatisfaciens & praxi reſpondens. Quam enim* Keplerus *dedit* (k), *ea nec demonſtrativa, nec praxi adaptata. Unde neque ipſi ſatisfacit. Et quamvis aliam poſtea eidem ſubſtituerit* (l); *ſatis tamen intricata eſt. Intricatiores adhuc ſunt, quas* Bayerus (m) & Dougharty (n) *tradunt.*

(k) in Stereometria Doliorum f. O 2. b. (l) in dem Auszuge der uhralten Meſſe-Kunſt Archimedis §. 88 f. 95. (m) in Conometriæ Mauritianæ c. 9 p. 102 & ſeqq. (n) the General gauger p. 164 & ſeqq.

F I N I S.

Elementorum Geometriæ.

Digitized by Google



BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Digitized by Google

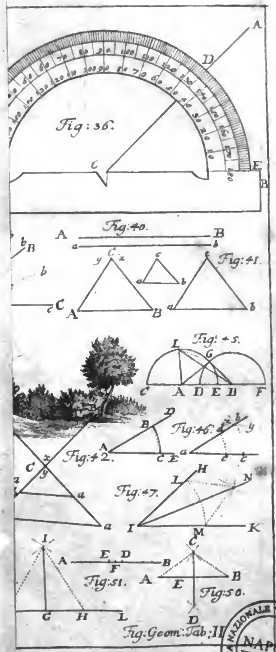


Fig: Geom: Tab: II

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

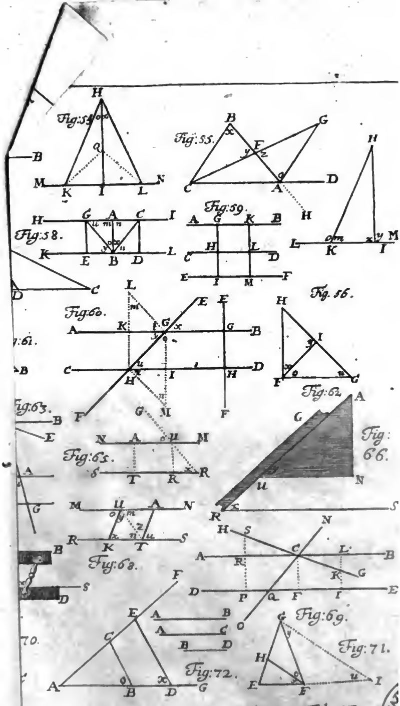
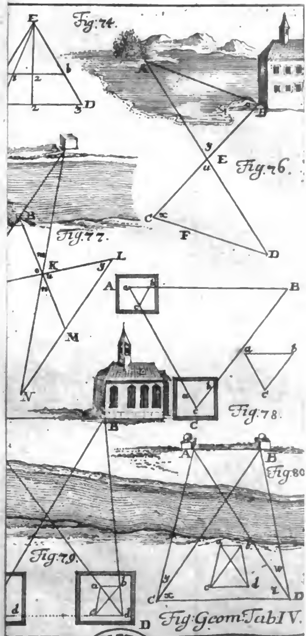


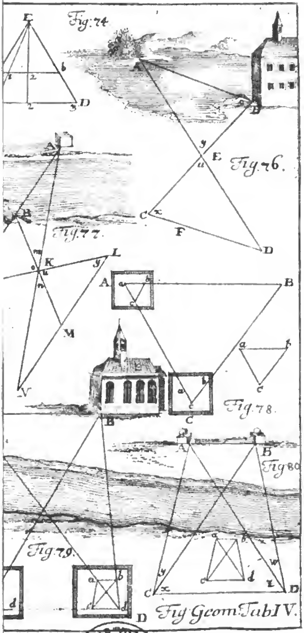
Fig Geom: Tab: III.

Digitized by Google



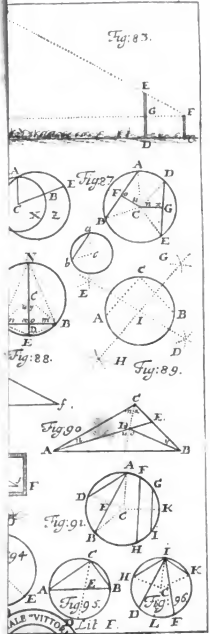
BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI

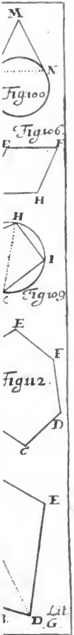
Digitized by Google



BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III · NAPOLI

Digitized by Google

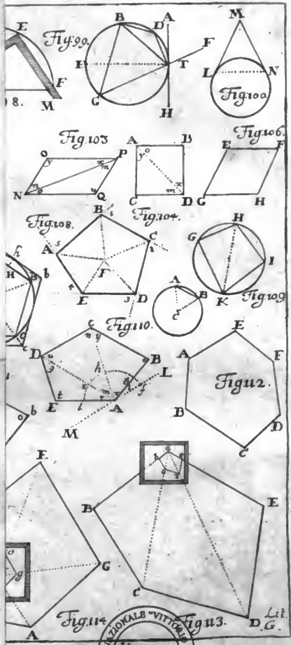




BIBL... NALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

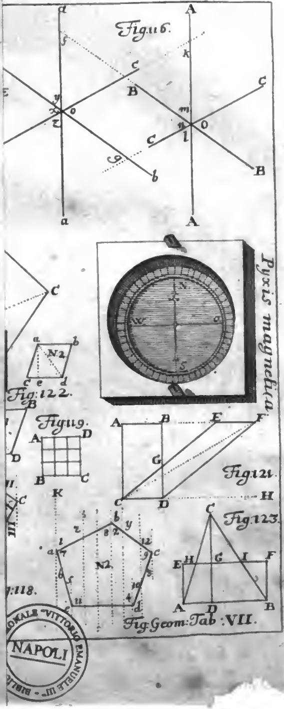
Digitized by Google

Digitized by Google



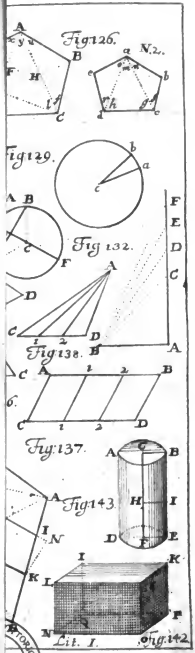
BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Digitized by Google


Fig.116.
Pyxis magnetica
Fig:122.
Fig.119.
Fig.121.
Fig.123.
:118.
Fig: Geom: Tab: VII.

NAPOLI

Digitized by Google


Fig.126.
N.2.
Fig.129.
Fig 132.
Fig.138.
Fig.137.
Fig.143.
Lit. I.
Fig.142


:147.
Fig.
155.
Fig.159
ib.IX.

LI

Google

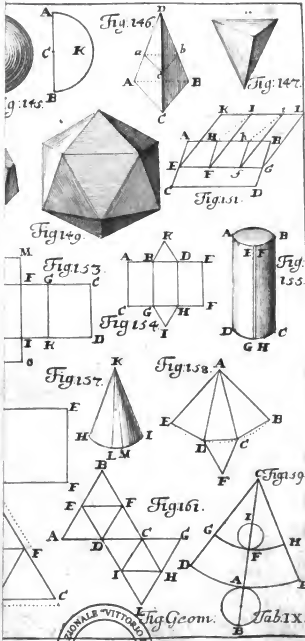


Fig. Geom: Tab. IX.

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" - NAPOLI

Digitized by Google

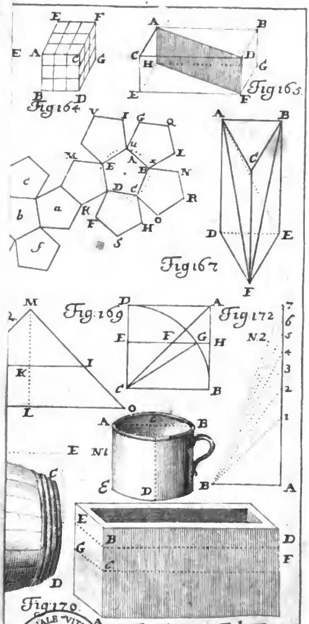


Fig: Geom. Tab. X.

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III · NAPOLI
Digitized by Google

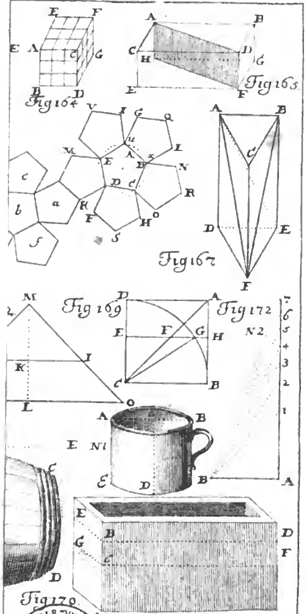


Fig. Geom. Tab. X.

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III - NAPOLI

Digitized by Google

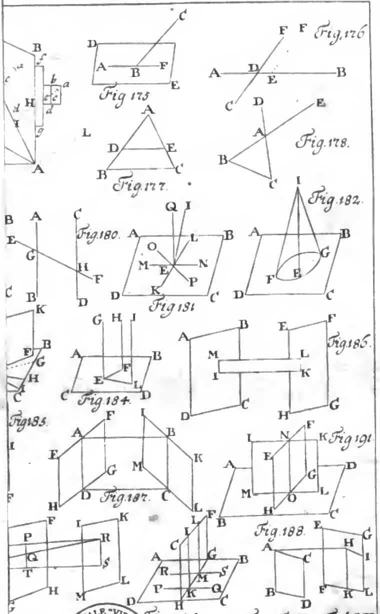


Fig. Geom. Tab. XI

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" - NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google

ELEMENTA
TRIGONOMETRIÆ
PLANÆ.

Digitized by Google

Digitized by Google

PRÆFATIO.

Omenti perquam exigui tyronibus videtur Trigonometria, utilitatis prorſus nullius. Enimvero rerum Mathematicarum periti ore unanimi confitentur, quod, ſublata Trigonometria, maxima eorum pars pereat, quæ in Matheſi admiramur. Certe ſtellarum magnitudinem, diſtantiam a Terra, motum, eclipſium tam ſolarium, quam lunarium computum, magnitudinem globi terraquei & innumera alia prorſus ignoraremus, ſi nobiliſſimæ hujus ſcientiæ auxilio deſtitueremur. Trigonometria igitur pro arte haberi debet, qua maxime abſcondita & a cognitione hominum remota in apricum producuntur. Eam qui neſcit, non magnos in Matheſi mixta ſentiet progreſſus: ſæpius ipſi in Philoſophia naturali hærebit aqua, e. gr. iridis phænomena ad rationes ſuas revocaturo aliaque meteora emphatica explicaturo. Studium igitur Trigono-

Digitized by Google

ELEMENTA TRIGONOMETRIÆ PLANÆ

CAPUT I.

De CONSTRUCTIONE CANONIS SINUUM, TANGENTIUM ATQUE SECANTIUM TAM NATURALIUM, QUAM ARTIFICIALIUM.

DEFINITIO 1.

1.

Tab. I. Fig. 1. TRigonometria plana eſt ſcientia ex tribus trianguli rectilinei partibus inveniendi reliquas. E. gr. Ex duobus lateribus AB & AC atque angulo B inveniuntur anguli reliqui B & C cum latere tertio BC.

DEFINITIO 2.

Tab. I. Fig. 2. 2. *Sinus rectus* AD arcus AE & AI eſt chordæ AB arcus dupli AEB dimidium. *Sinus totus* eſt radius HC, ſeu ſinus Quadrantis HE. *Sinus verſus* eſt pars radii ED inter ſinum rectum AD & arcum AE intercepta.

COROLLARIUM. 1.

3. Sinus ergo AD ad radium EC perpendicularis (§. 291. *Geom.*): conſequenter ſinus omnes eidem radio inſiſtentes inter ſe paralleli (§. 256. *Geom.*).

COROLLARIUM. 2.

4. Quoniam arcus AE eſt menſura anguli ACE, & AI ejus contigui ACI (§. 57. *Geom.*); quadrans vero HE menſura anguli recti (§. 143. *Geom.*): AD etiam ſinus rectus & ED ſinus verſus eſt angulorum ACE & ACI; ſinus vero totus eſt ſinus anguli recti.

COROLLARIUM 3.

5. Duo igitur anguli, qui ſunt deinceps, eundem habent ſinum.

COROLLARIUM 4.

6. Angulorum adeo obtuſorum ſinus iidem ſunt, quos habent eorum complementa ad duos rectos (§. 147. *Geom.*).

DEFINITIO 3.

7. *Tangens* arcus EA eſt portio Tab. I. Fig. 2.
rectæ tangentis circulum EF inter rectas ex centro C per extrema arcus E & A ductas intercepta. Recta FC dicitur *ſecans* ejusdem arcus.

Digitized by Google

COROLLARIUM 1.

8. Tangens EF ad radium EC perpendicularis eſt (*§*. 308. *Geom.*).

COROLLARIUM 2.

9. Eſt etiam FE tangens & FC ſecans anguli ACE, itemque ACI (*§*. 57. *Geom.*).

COROLLARIUM 3.

10. Duo igitur anguli, qui ſunt deinceps, eandem habent tangentem atque ſecantem.

DEFINITIO 4.

Tab. I. Fig. 2. 11. *Coſinus* eſt ſinus; *Cotangens*, tangens; *Coſecans* ſecans arcus AH, qui eſt alterius AE complementum ad quadrantem. Ita e.gr. AG ſinus arcus AH dicitur Coſinus arcus AE. Vocantur etiam *Sinus*, *Tangentes* atque *Secantes complementi*.

THEOREMA 1.

12. *Sinus arcuum ſimilium ad radios ſuos eandem rationem habent.*

DEMONSTRATIO.

Chordæ enim arcuum ſimilium ad radios eandem rationem habent (§. 290. *Geom.*). Sed ſinus ſunt chordarum dimidia (§. 2.). Ergo & hi ad radios rationem eandem habent (§. 181. *Arithm.*). *Q. e. d.*

HYPOTHESIS.

13. *Sumatur radius pro unitate & per ejus fractiones decimales determinentur quantitas ſinuum, tangentium atque ſecantium.*

SCHOLION.

14. *Ex* Ptolemæi *Almageſto diſcimus, veteres radium in 60 partes, quas gradus vocabant, diviſiſſe & inde chordas per minuta prima, ſecunda, tertia &c. hoc eſt, fractiones radii ſexageſimales determinaſſe, quibus in analyſi triangulorum utebantur. Dimidiis chordis ſeu ſinibus primum uſi ſunt, quantum conſtat, Saraceni.* Johannes Regiomontanus *primum radio cum veteribus tribuit* 60 *gradus & ſinus ſingulorum graduum per ejus fractiones decimales determinavit. Enimvere poſtea animadvertit, commodius fore, ſi radius ſumatur pro unitate, ac ideo hypotheſin præſentem in Trigonometriam introduxit. In tabulis ſinuum & tangentium ordinariis radius concipitur in* 10000000 *partes diviſus & ultra has fractiones in determinanda ſinuum & tangentium quantitate non deſcenditur. Qui tamen tabulas iſtas conſtruxerunt, ad fractiones multo minores deſcenderunt, ne error irreperet in ſcrupulis primis aſſignabilis. Secantibus hodie opus non habemus, cum omnia Trigonometria problemata absque illarum ope ſolvi poſſint.*

COROLLARIUM.

15. Cum latus hexagoni regularis ſextam circuli partem ſubtendat (§. 116. 342. *Geom.*) atque radio æquale ſit (§. 356. *Geom.*); ſinus graduum triginta eſt 5000000 (§. 2. *Trigon.* & *§*. 41. *Geom.*)

PRO-

PROBLEMA 1.

Tab. I. Fig. 2. 16. *Dato ſinu AD; invenire coſinum AG.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Quoniam EC ſinus ipſius EH (§. 2.) ad HC & AG ſinus arcus AH (§. 2.) perpendicularis ad eandem HC (§. 3.); erit AG parallela ipſi DC (§. 256. *Geom.*) & ad G angulus rectus (§. 78. *Geom.*); adeoque △ AGC rectangulum (§. 91. *Geom.*). Quare cum AD & AC ſint ad EC perpendiculares (§. 3.); erit GC=AD (§. 226. *Geom.*). Si ergo

1. Ex quadrato radii AC ſubtrahatur quadratum ſinus AD vel GC; relinquetur quadratum Coſinus AG (§. 417. *Geom.*). Unde ſi
2. Radix quadrata extrahatur (§. 269. *Arithm.*); prodibit Coſinus AG.

E. gr. Sit AC 10000000; AD 5000000: reperietur AG 8660254, ſinus 60°.

PROBLEMA 2.

Tab. I. Fig. 2. 17. *Dato ſinu AD arcus AE, invenire ſinum arcus dimidii $\frac{1}{2}$ AE.*

RESOLUTIO.

Inveniatur chorda arcus AE (§. 423. *Geom.*). Hujus enim dimidium eſt ejus ſinus (§. 2.).

E. gr. Sint AC & AD ut in probl. præc. reperietur ſinus arcus $\frac{1}{2}$ AE ſeu ſinus 15° = 2588190.

PROBLEMA 3.

18. *Datò ſinu DG arcus DF, invenire ſinum DE arcus dupli DB.* Tab. I. Fig. 3.

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Cum anguli ad E & G recti ſint (§. 3.) & angulus B utrique triangulo BCG & DEB communis; erit BC : CG = BD : DE (§. 267. *Geom.*). Quare cum CG inveniri poſſit, dato ſinu DG (§. 16.), & BD ſit duplum ipſius DG (§. 2.): invenietur quoque DE (§. 302. *Arithm.*). *Q. e. f. & d.*

PROBLEMA 4.

19. *Datis ſinibus FG & DE arcuum FA & DA, quorum differentia DF 45′ major non eſt, invenire ſinum quemcunque intermedium IL.* Tab. I. Fig. 4.

RESOLUTIO.

1. Quæratur ad differentiam arcuum FD, quorum ſinus dantur, differentiam arcus, cujus ſinus quæritur, AI atque arcus AD ſinui dato majori reſpondentis IF & differentiam ſinuum datorum DH quartus numerus proportionalis §. 302. *Arithm.*).

2. Is addatur ſinui dato minori FG. Erit aggregatum ſinus quæſitus IL.

DEMONSTRATIO.

Cum arcus DF & FI paucorum ſint minutorum, *per hypoth.* pro lineis rectis citra errorem ſenſibilem haberi poterunt. Porro FG, IL & DE parallelæ ſunt (§. 3.). Quare ſi ex F ad DE perpendicularis demittatur FH (§. 216. *Geom.*); erit HE=FE (§. 226. *Geom.*), adeoque DH differentia ſinuum datorum FG & DE (§. 64. *Arithm.*) Unde ob parallelas IK & DH *per demonſtrata*; DF : FI = DH : IK (§. 268. *Geom.*) *Q. e. d.*

PROBLEMA 5.

Tab. I. Fig. 5. 20. *Datis ſinibus BD & FE duorum arcuum quorumcunque AB & AF, invenire ſinum arcus ſemidifferentiæ eorundem BF.*

RESOLUTIO.

1. Sinus minor BD ſubtrahatur a majore FE; relinquetur differentia FK.
2. Ex datis ſinibus BD & FE inveniantur Coſinus BI & FH (§. 16).
3. Coſinus minor FH ſubtrahatur e majore BI, erit BK differentia.
4. Ex ſumma quadratorum differentiarum BK & FK extrahatur radix quadrata (§. 269. *Arithm.*); prodibit chorda arcus differentiæ BF, cujus dimidium eſt ſinus quæſitus (§. 2.). *Q. e. i.*

DEMONSTRATIO.

BD, FE & GC, tum AC, BI & FH inter ſe parallelæ & illæ ad AC, hæ ad GC perpendiculares (§. 3.), conſequenter FH = KI & BD = EK (§. 226. *Geom.*) & angulus BKF rectus (§. 230. 78. *Geom.*) Quamobrem FK differentia ſinuum BD & FE, BK vero differentia coſinuum FH & BI atque FKB triangulum rectangulum (§. 91. *Geom.*). Ergo cum ſit $BF^2 = BK^2 + FK^2$ (§. 417. *Geom.*); reperietur chorda BF, ſi ex ſumma quadratorum differentiæ ſinuum FK & coſinuum BK radix quadrata extrahitur, (§. 246. *Arithm.*). *Q. e. d.*

PROBLEMA 6.

21. *Invenire ſinum 45. graduum.* Tab. I. Fig. 2.

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Sit HI circuli quadrans; erit HCI angulus rectus (§. 143. *Geom.*) adeoque △ cognomine rectangulum (§. 91. *Geom.*), conſequenter $HI^2 = HC^2 + CI^2$ (§. 417. *Geom.*) $= 2\,HC^2$ (§. 40. 374. *Geom.*) Quare cum HC ſinus totus (§. 2.) ſit 10000 000 (§. 13); ſi ex $2HC^2$ quadrato 200 00 000 000 0000 extrahatur radix

radix 14142136. (§.269. *Arithm.*); prodibit chorda HI (§.246. *Arithm.*), cujus dimidium 7071068 ſinus 45° deſideratus. *Q. e. i. & d.*

SCHOLION.

22. *Inferius in Analyſi docebimus, quomodo ex dato radio latus pentagoni regularis, hoc eſt, 72° (§. 342. Geom.), conſequenter ſinus 36° (§ 2.). inveniatur.*

PROBLEMA 7.

Tab. I. Fig. 4. 23. *Dato ſinu unius minuti ſeu 60″ FG, invenire ſinum unius vel aliquot ſecundorum MN.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Quoniam arcus AM & AF ſunt admodum exigui, AMF pro linea recta haberi poteſt citra errorem in fractionibus radii decimalibus, quibus ſinus exprimimus, aſſignabilem, hoc eſt, arcus AM & AF chordis eorum proportionales aſſumere licet. Quare cum MN ſit ipſi FG parallela (§. 3.); erit AF : FG = AM : MN (§.268 *Geom*). Datis ergo AF, FG & AM, *per hypoth.* invenitur MN (§. 302 *Arithm.*). *Q. e. i. & d.*

SCHOLION.

24. *Eadem ratione, ſi opus foret, inveniri poſſet ſinus aliquot ſcrupulorum tertiorum.*

PROBLEMA 8.

25. *Datis ſinibus* 30 (§. 15.), 15 (§. 17), 45 (§. 21) *& 36 graduum (§. 22); canonem omnium ſinuum conſtruere, nonniſi unico minuto aut denis ſecundis, immo unico ſecundo inter ſe differentibus.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

1. Ex ſinu 36 graduum inveniatur Sinus 18°, 9°, 4° 30′, 2° 15′ (§. 17); ſinus 54°, 72°, 81°, 85° 30′, 87° 45′ (§. 16): porro ſinus 27°, 13° 30′, 6° 45′, 40° 30′, 20° 15′, 42° 45′ (§. 17): inde ſinus 63°, 76° 30′, 83° 15′, 49° 30′, 69° 45′, 47° 15′ (§. 16): ulterius ſinus 31° 30′, 15° 45′, 38° 15′, 24° 45′ (§. 17): hinc ſinus 58° 30′, 74° 15′, 51° 45′, 65° 15′, (§. 16): denique ſinus 29° 15′ (§. 17) & ejus coſinus 60° 45′ (§. 16).

2. Ex ſinu 45° inveniantur ſinus 22° 30′ & 11° 15′ (§. 17), ſinus 67° 30′ & 78° 45′ (§. 16), ſinus denique 33° 45′ (§. 17) & 56° 15′ (§. 16).

3. Ex ſinu 30° & ſinu 54° inveniatur ſinus 12° (§. 20).

4. Ex ſinu 12° inveniantur ſinus 6°, 3°, 1° 30′, 45′ (§. 17), ſinus 78°, 84°, 87°, 88° 30′, 89° 15′ (§. 16): porro ſinus 39°, 19° 30′, 9° 45′, 42°, 21°, 10° 30′, 5° 15′, 43° 30′, 21° 45′, 44° 15′ (§. 17): ulterius ſinus 51°, 70° 30′, 80° 15′, 48°, 69°, 79° 30′, 84° 45′, 46° 30′;

30′, 68° 15′, 45° 45′ (§.16): inde ſinus 25° 30′, 12° 45′, 35° 15′, 24°, 34° 30′, 17° 15′, 39° 45′, 23° 15′ (§.17): hinc ſinus 64° 30′, 77° 15′, 54° 45′, 66°, 55° 30′, 72° 45′, 50° 15′, 66° 45′ (§.16): hinc porro ſinus 32° 15′, 33°, 16° 30′, 8° 15′, 27° 45′ (§.17): inde ulterius ſinus 57° 45′, 57°, 73° 30′, 81° 45′, 62° 15′ (§.16): porro ſinus 28° 30′, 14° 15′, 36° 45′ (§.17) & horum coſinus 61° 30′, 75° 45′, 53° 45′, (§.16): denique ſinus 30° 45′ (§.17) & ejus coſinus 59° 15′ (§.16).

5. Ex ſinu 15° inveniantur ſinus 7° 30′ & 3° 45′ (§.17): hinc ſinus 75°, 82° 30′, 86° 15′ (§.16): inde 37° 30′, 18° 45′, 41° 15′ (§.17) & horum coſinus 52° 30, 71° 15′, 48° 45′ (§.16): denique ſinus 26° 15′ (§.17) & ejus coſinus 63° 45′ (§.16).

6. Quodſi ſinus hac ratione inventi in ordinem redigantur, numero 120, & differentiam inter duos immediate ſibi mutuo ſuccedentes 45′ deprehendes: quemadmodum ex Tabula, quem eum in finem hic apponimus, primo intuitu apparet:

1	0°45′	21	15°45′	41	30°45′	61	45°45′	81	60°45′	101	75°45′
2	1. 30	22	16. 30	42	31. 30	62	46. 30	82	61. 30	102	76. 30
3	2. 15	23	17. 15	43	32. 15	63	47. 15	83	62. 15	103	77. 15
4	3. 0	24	18. 0	44	33. 0	64	48. 0	84	63. 0	104	78. 0
5	3. 45	25	18. 45	45	33. 45	65	48. 45	85	63. 45	105	78. 45
6	4. 30	26	19. 30	46	34. 30	66	49. 30	86	64. 30	106	79. 30
7	5. 15	27	20. 15	47	35. 15	67	50. 15	87	65. 15	107	80. 15
8	6. 0	28	21. 0	48	36. 0	68	51. 0	88	66. 0	108	81. 0
9	6. 45	29	21. 45	49	36. 45	69	51. 45	89	66. 45	109	81. 45
10	7. 30	30	22. 30	50	37. 30	70	52. 30	90	67. 30	110	82. 30
11	8. 15	31	23. 15	51	38. 15	71	53. 15	91	68. 15	111	83. 15
12	9. 0	32	24. 0	52	39. 0	72	54. 0	92	69. 0	112	84. 0
13	9. 45	33	24. 45	53	39. 45	73	54. 45	93	69. 45	113	84. 45
14	10. 30	34	25. 30	54	40. 30	74	55. 30	94	70. 30	114	85. 30
15	11. 15	35	26. 15	55	41. 15	75	56. 15	95	71. 15	115	86. 15
16	12. 0	36	27. 0	56	42. 0	76	57. 0	96	72. 0	116	87. 0
17	12. 45	37	27. 45	57	42. 45	77	57. 45	97	72. 45	117	87. 45
18	13. 30	38	28. 30	58	43. 30	78	58. 30	98	73. 30	118	88. 30
19	14. 15	39	29. 15	59	44. 15	79	59. 15	99	74. 15	119	89. 15
20	15. 0	40	30. 0	60	45. 0	80	60. 0	100	75. 0	120	90. 0

Inve-

Digitized by Google

Inveniantur ergo ſinus intermedii per probl. 4. (§. 19).

7. Denique ſinus ſcrupulorum ſecundorum ab 1 usque ad 60 inveniantur per probl. præc. (§. 13).

Ita Canon ſinuum erit conſtructus, Q. e. f.

Tab. I. Fig. 2.

PROBLEMA 9.

26. *Dato ſinu AD arcus AE invenire tangentem EF & ſecantem FC ejusdem arcus.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Quia ſinus AD & tangens FE ad radium EC perpendicularis (§. 3. 8); erit ille huic parallelus (§. 256 *Geom.*). Quare ut Coſinus DC ad ſinum AD, ita ſinus totus ad tangentem EF: item ut Coſinus DC ad ſinum totum AC ita ſinus totus EC ad ſecantem CF (§. 268 *Geom.*). Invenietur adeo per illationem primam tangens EF; per alteram ſecans FC (§. 302. *Arithm.*) *Q. e. i. & d.*

SCHOLION.

27. *Conſtructo igitur Canone ſinuum* (§. 25), *haud difficilis eſt conſtructio Canonis tangentium atque ſecantium. Uterque junctim ſumtus Canon triangulorum naturalis dici ſolet, quia triangulorum analyſi inſervit. Equidem paſſim apud Autores theoremata non inelegantia occurrunt, quibus multi ſinus facilius inveniuntur, quam expoſita hactenus methodo.* Urſinus (a) *præſertim docet, quomodo ex ſinu Canonis omnium primi, e gr. unius ſecundi, per ſolam quaſi additionem & ſubtractionem totus Canon derivetur. Enimvero cum ab aliis dudum conſtructus ſit; ſufficit utcunque oſtendiſſe, quomodo conſtrui potuerit.*

PROBLEMA 10.

28. *Invenire ſinus cujuscunque dati logarithmum.*

RESOLUTIO.

Ut logarithmi eo accuratiores inveniantur, aſſumendi ſunt ſinus ad radium 10000000000 conſtructi. Mulctantur nempe Sinus in Canone *Pitiſci* majore 4 ultimis notis. Cum adeo ſinus ſint numeri 10 ut plurimum notis conſtantes, in canone autem logarithmorum, qui proſtat, maximo numeri naturales ultra 5 notas non aſcendunt; logarithmi eorum inveniuntur *per probl.* 37. *Arithm.* (§. 349). Utendum vero eſt canone logarithmorum majore.

E. gr. Sit inveniendus logarithmus Sinus 23°, qui apud *Pitiſcum* 3907311 284. Reſectis verſus ſiniſtram quinque

(Wolfii Math. Tom. I.) Mm notis

(a) Trigon, lib. 2, c. 5, p. 164.

Digitized by Google

notis 39073, ipſis reſpondens logarithmus eſt 4. 5918768, conſequenter logarithmus numeri 3907300000 eſt 9. 5918768. Differentia tabularis eſt 111. Quare infertur: ut 100000 ad 111 ita notæ reſiduæ ſinus dati 11284 ad numerum quartum proportionalem 12: qui ſi addatur logarithmo 9. 5918768, prodit logarithmus quæſitus 9.5918780, qualis in Canone triangulorum artificiali reperitur.

PROBLEMA 12.

29. *Invenire logarithmum tangentis, dato logarithmo ſinus & coſinus.*

RESOLUTIO.

1. Logarithmus ſinus addatur logarithmo ſinus totius.
2. A ſumma ſubtrahatur logarithmus coſinus. Reſiduum eſt logarithmus tangentis (§. 26 *Trigon.* & §. 359. *Arithm.*).

E. gr. Inveniri debet logarithmus tangentis 23°.

Addantur Log. Sin. 23° =	9. 5918780
Log. Sin. tot. =	100000000
a ſumma =	195918780
ſubtrahatur Log. Coſ. =	9964026 1
relinquitur Log. tang. =	96278519

PROBLEMA 12.

30. *Invenire logarithmum ſecantis arcus cujuscunque, dato ſinu complementi ejusdem.*

RESOLUTIO.

1. Logarithmus ſinus totius multiplicetur per 2.
2. Ab ejus duplo ſubtrahatur ſinus complementi datus. Reſiduus fiet logarithmus ſecantis (§. 26 *Trigon.* & §. 359. *Arithm.*).

E. gr. Quærendus eſt logarithmus ſecantis arcum 23°. Calculi typus talis eſt:

Log. ſin. tot. =	100000000
Ejus duplum =	200000000
Log. Sin. Compl. =	99640261
Log. Secant. 23° =	10.0359739

SCHOLION.

31. Johannes Neperus, *qui primus logarithmos in Trigonometriam introduxit, ſinus totius logarithmum facit* 0. *Hinc creſcunt logarithmi ſinuum, ſinibus decreſcentibus, & tangentium atque ſecantium ſinu toto majorum logarithmi ſunt defectivi ſeu nihilo minores.* Neperus *logarithmos coſinuum* Antilogarithmos, *logarithmos vero tangentium* differentiales; Keplerus *etiam* Meſologarithmos *vocat. Dicuntur quoque hi logarithmi* Sinus & tangentes artificiales.

CAPUT

CAPUT II.

De

ANALYSI TRIANGULORUM.

THEOREMA 2.

Tab. I. Fig. 2. 32. *Tangens 45° EF æquatur radio EC.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam arcus AE 45°, *per hypoth.* erit quoque angulus ACE 45° (§.59 *Geom.*), conſequenter angulus F 45° (*§.* 241. *Geom.*). Quare EF = CE (*§.*253 *Geom.*). *Q.e.d.*

THEOREMA 3.

Tab. I. Fig. 1. 33. *In omni triangulo ABC latera ſunt ut ſinus oppoſitorum angulorum.*

DEMONSTRATIO.

Cum enim omne triangulum circulo inſcriptibile ſit (297 *Geom.*); erunt latera AC, CB & AB chordæ arcuum cognominum (§.38 *Geom.*), conſequenter latera dimidia ſinus arcuum dimidiorum (§. 2). Sed arcus dimidii ſunt menſuræ angulorum oppoſitorum B, A & C (§.314 *Geom.*). Ergo ut latus AC ad ſinum anguli ſibi oppoſiti B; ita latus BC ad ſinum anguli ſibi oppoſiti A, ita etiam AB ad ſinum anguli ſibi oppoſiti C. *Q.e.d.*

SCHOLION.

34. *Ut vero evidentius appareat, in triangulo obtuſangulo pro ſinu anguli obtuſi utendum eſſe ſinu anguli acuti, qui eidem deinceps ponitur, & quem eſſe etiam ſinum anguli obtuſi ſupra annotavimus (§. 6), ſequens addere lubet theorema.*

THEOREMA 4.

35. *In triangulo obtuſangulo AGC eſt ut latus angulo obtuſo G oppoſitum AC ad ſinum anguli acuti AGI eidem deinceps poſiti, ita latus angulo obtuſo adjacens GA ad ſinum anguli eidem oppoſiti C.* Tab. I. Fig. 8.

DEMONSTRATIO.

Demittatur ex A in baſin continuatam GC perpendicularis AE; erunt AEG & AEC triangula rectangula (§. 78. 91 *Geom.*). Cum itaque ſit ut ſinus totus ad AC ita ſinus anguli C ad AE & ut AG ad ſinum totum ita AE ad ſinum anguli AGE (§.33); erit etiam ut AG ad AC ita ſinus anguli C ad ſinum anguli AGE (§. 197 *Arithm.*),

Digitized by Google

Arithm.), conſequenter latus angulo obtuſo adjacens GA eſt ad ſinum anguli eidem oppoſiti C ſicuti latus angulo obtuſo oppoſitum AC ad ſinum anguli acuti eidem deinceps poſiti AGE (§. 173 *Arithm.*) *Q. e. d.*

PROBLEMA 13.

Tab. I. Fig. 1. 36. ***Datis duobus angulis A & C, una cum latere uni eorum C oppoſito AB, invenire latus alteri A oppoſitum BC.***

RESOLUTIO.

Inferatur (§. 33):
ut ſinus anguli C
ad latus ſibi oppoſitum datum AB.
Ita Sinus anguli alterius A
ad latus quæſitum BC.

Invenietur adeo Logarithmorum ope BC *per probl. 38. Arithm.* (§. 351).

E. gr. Sit $C = 48^\circ\ 35'$, $A = 57^\circ\ 28'$, $AB = 74'$. Calculus talis erit:

Log. Sin. C	9.8750142
Log. AB	1.8692317
Log. Sin. A	9.9258681
Sum. Log. AB & Sin. A	11.7950998
Log. BC	1.9200856.

cui in Canone logarithmorum pro numeris vulgaribus reſpondent 83'. Cum vero logarithmus in tabulis non exactus reperiatur; inveniri poſſunt numeri inventi 83' fractiones decimales, hoc eſt, in caſu noſtro digiti, ſi ſub characteriſtica 2 poſt 830' denuo logarithmus ipſius BC evolvatur: cui proxime reſpondet numerus 831''. Quodſi præter digitos etiam lineas deſideres; eundem logarithmum quære poſt 8310''' & ei quam proxime reſpondere deprehendes 8319'''. Immo ſi canon major ad manus ſit, ipſa ſcrupula quarta expiſcari licet, ſi logarithmus inventus poſt 83190'''' evolvatur: ubi eidem quam proxime reſpondet logarithmus numeri 83192. Eſt ergo BC $8^\circ\ 3'\ 1''\ 9'''\ 2''''$ (*§. 355. Arithm.*).

SCHOLION.

37. *Quid facto opus ſit, ſi logarithmi characteriſtica fuerit 3, in Arithmetica loco citato docuimus.*

PROBLEMA 14.

38. ***Datis duobus lateribus AB & BC una cum angulo C uni eorum oppoſito, invenire angulos reliquos A & B.*** Tab. I. Fig. 1.

RESOLUTIO.

I. Inferatur (§. 33):
ut latus unum AB
ad ſinum anguli dati ſibi oppoſiti C:
Ita latus alterum BC
ad ſinum anguli quæſiti ſibi oppoſiti A.

Invenietur adeo logarithmus ſinus anguli A utendo logarithmis *per probl. 38. Arithm.* (§. 351).

II. Quod-

Tab. I. Fig. 8. II. Quodſi latus AG vel AB dato angulo C oppoſitum fuerit minus latere AC, quod opponitur angulo quæſito, quæſitus angulus & obtuſus eſſe poteſt, & acutus B (§. 234 *Geom.*), adeoque conſtare debet, utrum triangulum datum ſit obtuſangulum, an acutangulum. In caſu poſteriori ſatisfacit numerus graduum, qui ſinui reperto reſpondet; in priori pro angulo obtuſo ſumitur ejus complementum ad 180° (§. 35).

Tab. I. Fig. 8. III. Quodſi angulus datus G in triangulo GAC fuerit obtuſus & datis præterea cruribus AG & AC quæratur obtuſus, in ſolutione pro ſinu obtuſi anguli AGC ſumitur deinceps poſiti acuti AGE ſinus (§. 35).

Tab. I. Fig. 1. E. gr. Sit AB = 94′, BC = 69″, C = 72° 15′.

Log. AB 1.9731279
Log. Sin. C 9.9788175
Log. BC 1.8388491

Sum. Log. Sin. C & BC 11.8176666

Log. Sin. A 9.8445387,

cui in canone proxime reſpondent 44° 21′. Quodſi Canon major non fuerit ad manus & præter ſcrupula prima etiam ſecunda deſiderentur *vi probl. 4.* (§. 19) hunc in modum inveniuntur.

A logarith. invento 98445387 ſubtrahe
Tabul. prox. min. 98445018

& notetur Differ. I. 389
Simil: ex prox. maj. 98446310 ſubduc
prox. min. 98445018

& notetur Diff. II. 1292

Inferatur: 1292 : 60 = 389
2) 646 : 30 30

11670 (18
646

5210
5168

42

Eſt ergo angulus A = 44° 21′ 18″
Sed C = 72 15 0

Quare A + C = 116 36 18
Quon. A + C + B = 179 59 60

erit B = 63° 23′ 42″

Similiter dentur in triangulo rectangulo præter rectum A hypothenuſa BC & cathetus AC pro angulo B. Sit nempe BC 49, AC 36′. Calculus talis erit: Tab. I. Fig. 6.

Log. BC 1.6901961
Log Sin. tot. 10.0000000
Log. AC 1.5563025

Log. Sin. B 9.8661064, cui in canone proxime reſpondent 47° 16′.
Ergo C = 42° 44′ (§. 241 *Geom.*).
Quodſi AG = 349″, AC = 382″, angulus A = 57° 25′; erit Tab. I. Fig. 2.

Log. AG 25428254
Log. Sin. C. 99256261
Log. AC. 25820634

Sum. Log. Sin. C & AC 125076895

Log. Sin. G 99648641,

Mm 3 cui

COROLLARIUM 1.

8. Tangens EF ad radium EC perpendicularis eſt (§. 308. *Geom.*).

COROLLARIUM 2.

9. Eſt etiam FE tangens & FC ſecans anguli ACE, itemque ACI (§. 57. *Geom.*).

COROLLARIUM 3.

10. Duo igitur anguli, qui ſunt deinceps, eandem habent tangentem atque ſecantem.

DEFINITIO 4.

Tab. I. Fig. 2. 11. *Coſinus* eſt ſinus; *Cotangens*, tangens; *Coſecans* ſecans arcus AH, qui eſt alterius AE complementum ad quadrantem. Ita e.gr. AG ſinus arcus AH dicitur Coſinus arcus AE. Vocantur etiam *Sinus*, *Tangentes* atque *Secantes complementi*.

THEOREMA 1.

12. *Sinus arcuum ſimilium ad radios ſuos eandem rationem habent.*

DEMONSTRATIO.

Chordæ enim arcuum ſimilium ad radios eandem rationem habent (§. 290. *Geom.*). Sed ſinus ſunt chordarum dimidia (§. 2.). Ergo & hi ad radios rationem eandem habent (§. 181. *Arithm.*). *Q. e. d.*

HYPOTHESIS.

13. *Sumatur radius pro unitate & per ejus fractiones decimales determinetur quantitas ſinuum, tangentium atque ſecantium.*

SCHOLION.

14. *Ex* Ptolemæi *Almageſto diſcimus, veteres radium in 60 partes, quas gradus vocabant, diviſiſſe & inde chordas per minuta prima, ſecunda, tertia &c. hoc eſt, fractiones radii ſexageſimales determinaſſe, quibus in analyſi triangulorum utebantur. Dimidiis chordis ſeu ſinibus primum uſi ſunt, quantum conſtat, Saraceni.* Johannes Regiomontanus *primum radio cum veteribus tribuit 60 gradus & ſinus ſingulorum graduum per ejus fractiones decimales determinavit. Enimvera poſtea animadvertit, commodius fore, ſi radius ſumatur pro unitate, ac ideo hypotheſin præſentem in Trigonometriam introduxit. In tabulis ſinuum & tangentium ordinariis radius concipitur in* 10000000 *partes diviſus & ultra has fractiones in determinanda ſinuum & tangentium quantitate non deſcenditur. Qui tamen tabulas iſtas conſtruxerunt, ad fractiones multo minores deſcenderunt, ne error irreperet in ſcrupulis primis aſſignabilis. Secantibus hodie opus non habemus, cum omnia Trigonometria problemata abſque illarum ope ſolvi poſſint.*

COROLLARIUM.

15. Cum latus hexagoni regularis ſextam circuli partem ſubtendat (§. 116. 342. *Geom.*) atque radio æquale ſit (§. 356. *Geom.*); ſinus graduum triginta eſt 5000000 (§. 2. *Trigon.* & §. 41. *Geom.*)

PRO-

PROBLEMA 1.

Tab. I. Fig. 2. 16. *Dato ſinu AD; invenire coſinum AG.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Quoniam EC ſinus ipſius EH (§. 2.) ad HC & AG ſinus arcus AH (§. 2.) perpendicularis ad eandem HC (§. 3.); erit AG parallela ipſi DC (§. 256. *Geom.*) & ad G angulus rectus (§. 78. *Geom.*); adeoque △ AGC rectangulum (§. 91. *Geom.*). Quare cum AD & AC ſint ad EC perpendiculares (§. 3.); erit GC=AD (§. 226. *Geom.*). Si ergo

1. Ex quadrato radii AC ſubtrahatur quadratum ſinus AD vel GC; relinquetur quadratum Coſinus AG (§. 417. *Geom.*). Unde ſi
2. Radix quadrata extrahatur (§. 269. *Arithm.*); prodibit Coſinus AG.

E. gr. Sit AC 10000000; AD 5000000: repetietur AG 8660254, ſinus 60°.

PROBLEMA 2.

Tab. I. Fig. 2. 17. *Dato ſinu AD arcus AE, invenire ſinum arcus dimidii ½ AE.*

RESOLUTIO.

Inveniatur chorda arcus AE (§. 423. *Geom.*). Hujus enim dimidium eſt ejus ſinus (§. 2.).

E. gr. Sint AC & AD ut in probl. præc. repetietur ſinus arcus ½ AE ſeu ſinus 15° = 2588190.

PROBLEMA 3.

Tab. I. Fig. 3. 18. *Dato ſinu DG arcus DF, invenire ſinum DE arcus dupli DB.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Cum anguli ad E & G recti ſint (§. 3.) & angulus B utrique triangulo BCG & DEB communis; erit BC : CG = BD : DE (§. 267. *Geom.*). Quare cum CG inveniri poſſit, dato ſinu DG (§. 16.), & BD ſit duplum ipſius DG (§. 2.): invenietur quoque DE (§. 302. *Arithm.*). *Q. e. f. & d.*

PROBLEMA 4.

Tab. I. Fig. 4. 19. *Datis ſinibus FG & DE arcuum FA & DA, quorum differentia DF 45′ major non eſt, invenire ſinum quemcunque intermedium IL.*

RESOLUTIO.

1. Quæratur ad differentiam arcuum FD, quorum ſinus dantur, differentiam arcus, cujus ſinus quæritur, AI atque arcus AD ſinui dato majori reſpondentis IF & differentiam ſinuum datorum DH quartus numerus proportionalis §. 302. *Arithm.*).

radix 14142136. (§.269. *Arithm.*); prodibit chorda HI (*§*.246. *Arithm.*), cujus dimidium 7071068 ſinus 45° deſideratus. *Q. e. i. & d.*

SCHOLION.

22. *Inferius in Analyſi docebimus, quomodo ex dato radio latus pentagoni regularis, hoc eſt, 72° (§. 342. Geom.), conſequenter ſinus 36° (§ 2.). inveniatur.*

PROBLEMA 7.

Tab. 23. *Dato ſinu unius minuti ſeu*
I. *60″ FG, invenire ſinum unius vel*
Fig. *aliquot ſecundorum MN.*
4.

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Quoniam arcus AM & AF ſunt admodum exigui, AMF pro linea recta haberi poteſt citra errorem in fractionibus radii decimalibus, quibus ſinus exprimimus, aſſignabilem, hoc eſt, arcus AM & AF chordis eorum proportionales aſſumere licet. Quare cum MN ſit ipſi FG parallela (*§*. 3.); erit AF : FG = AM : MN (§.268 *Geom*). Datis ergo AF, FG & AM, *per hypoth.* invenitur MN. (§. 302 *Arithm.*). *Q. e. i. & d.*

SCHOLION.

24. *Eadem ratione, ſi opus foret, inveniri poſſet ſinus aliquot ſcrupulorum tertiorum.*

PROBLEMA 8.

25. *Datis ſinibus* 30 (§. 15.), 15 (§. 17), 45 (§. 21) & 36 *graduum* (*§*. 22); *canonem omnium ſinuum conſtruere, nonniſi unico minuto aut denis ſecundis, immo unico ſecundo inter ſe differentibus.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

1. Ex ſinu 36 graduum inveniatur Sinus 18°, 9°, 4° 30′, 2° 15′ (§. 17); ſinus 54°, 72°, 81°, 85° 30′, 87° 45′ (§. 16): porro ſinus 27°, 13° 30′, 6° 45′, 40° 30′, 20° 15′, 42° 45′ (*§*. 17): inde ſinus 63°, 76° 30′, 83° 15′, 49° 30′, 69° 45′, 47° 15′ (§. 16): ulterius ſinus 31° 30′, 15° 45′, 38° 15′, 24° 45′ (§. 17): hinc ſinus 58° 30′, 74° 15′, 51° 45′, 65° 15′; (*§*. 16): denique ſinus 29° 15′, (§. 17) & ejus coſinus 60° 45′ (§. 16).

2. Ex ſinu 45° inveniantur ſinus 22° 30′ & 11° 15′ (*§*. 17), ſinus 67° 30′ & 78° 45′ (§. 16), ſinus denique 33° 45′ (§. 17) & 56° 15′ (§. 16).

3. Ex ſinu 30° & ſinu 54° inveniatur ſinus 12° (§. 20).

4. Ex ſinu 12° inveniantur ſinus 6°, 3°, 1° 30′, 45′ (*§*. 17), ſinus 78°, 84°, 87°, 88° 30′, 89° 15′ (§. 16): porro ſinus 39°, 19° 30′, 9° 45′, 42°, 21°, 10° 30′, 5° 15′, 43° 30′, 21° 45′, 44° 15′ (§. 17): ulterius ſinus 51°, 70° 30′, 80° 15′, 48°, 69°, 79° 30′, 84° 45′, 46°

30′,

Inveniantur ergo ſinus intermedii per probl. 4. (§. 19).

7. Denique ſinus ſcrupulorum ſecundorum ab 1 usque ad 60 inveniantur per probl. præc. (§. 13).

Ita Canon ſinuum erit conſtructus, *Q. e. f.*

Tab. I. Fig. 2.

PROBLEMA 9.

26. *Dato ſinu AD arcus AE invenire tangentem EF & ſecantem FC ejusdem arcus.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

Quia ſinus AD & tangens FE ad radium EC perpendicularis (§. 3. 8); erit ille huic parallelus (§. 256 *Geom.*). Quare ut Coſinus DC ad ſinum AD, ita ſinus totus ad tangentem EF: item ut Coſinus DC ad ſinum totum AC ita ſinus totus EC ad ſecantem CF (§. 268 *Geom.*). Invenietur adeo per illationem primam tangens EF; per alteram ſecans FC (§. 302. *Arithm.*) *Q. e. i. & d.*

SCHOLION.

27. *Conſtructo igitur Canone ſinuum* (§. 25), *haud difficilis eſt conſtructio Canonis tangentium atque ſecantium. Uterque junctim ſumtus Canon triangulorum naturalis dici ſolet, quia triangulorum analyſi inſervit. Equidem paſſim apud Autores theoremata non inelegantia occurrunt, quibus multi ſinus facilius inveniuntur, quam expoſita hactenus methodo.* Urſinus (a) *præſertim docet, quomodo ex ſinu Canonis omnium primi, e gr. unius ſecundi, per ſolam quaſi additionem & ſubtractionem totus Canon derivetur. Enimvero cum ab aliis dudum conſtructus ſit; ſufficit utcunque oſtendiſſe, quomodo conſtrui potuerit.*

PROBLEMA 10.

28. *Invenire ſinus cujuscunque dati logarithmum.*

RESOLUTIO.

Ut logarithmi eo accuratiores inveniantur, aſſumendi ſunt ſinus ad radium 10000000000 conſtructi. Mulctantur nempe Sinus in Canone *Pitiſci* majore 4 ultimis notis. Cum adeo ſinus ſint numeri 10 ut plurimum notis conſtantes, in canone autem logarithmorum, qui proſtat, maximo numeri naturales ultra 5 notas non aſcendunt; logarithmi eorum inveniuntur *per probl.* 37. *Arithm.* (§. 349). Utendum vero eſt canone logarithmorum majore.

E. gr. Sit inveniendus logarithmus Sinus 23°, qui apud *Pitiſcum* 3907311 284. Reſectis verſus ſiniſtram quinque notis

(a) Trigon. lib. 2. c. 5. p. 164.

notis 39073, ipſis reſpondens logarithmus eſt 4. 5918768, conſequenter logarithmus numeri 3907300000 eſt 9. 5918768. Differentia tabularis eſt 111. Quare infertur: ut 100000 ad 111 ita notæ reſiduæ ſinus dati 11284 ad numerum quartum proportionalem 12: qui ſi addatur logarithmo 9. 5918768, prodit logarithmus quæſitus 9.5918780, qualis in Canone triangulorum artificiali reperitur.

PROBLEMA 12.

29. *Invenire logarithmum tangentis, dato logarithmo ſinus & coſinus.*

RESOLUTIO.

1. Logarithmus ſinus addatur logarithmo ſinus totius.
2. A ſumma ſubtrahatur logarithmus coſinus. Reſiduum eſt logarithmus tangentis (§. 26 *Trigon.* & §. 359. *Arithm.*).

E. gr. Inveniri debet logarithmus tangentis 23°.

Addantur Log. Sin. 23° = 9. 5918780
Log. Sin. tot. = 100000000

a ſumma = 195918780
ſubtrahatur Log. Coſ. = 99640261

relinquitur Log. tang. = 96278519

PROBLEMA 12.

30. *Invenire logarithmum ſecantis arcus cujuscunque, dato ſinu complementi ejusdem.*

RESOLUTIO.

1. Logarithmus ſinus totius multiplicetur per 2.
2. Ab ejus duplo ſubtrahatur ſinus complementi datus. Reſiduus fiet logarithmus ſecantis (§. 26 *Trigon.* & §. 359. *Arithm.*).

E. gr. Quærendus eſt logarithmus ſecantis arcum 23°. Calculi typus talis eſt:

Log. ſin. tot. = 100000000

Ejus duplum = 200000000
Log. Sin. Compl. = 99640261

Log. Secant. 23° = 10.0359739

SCHOLION.

31. Johannes Neperus, *qui primus logarithmos in Trigonometriam introduxit, ſinum totius logarithmum facit* 0. *Hinc creſcunt logarithmi ſinuum, ſinibus decreſcentibus, & tangentium atque ſecantium ſinu toto majorum logarithmi ſunt defectivi ſeu nihilo minores.* Neperus *logarithmos coſinuum* Antilogarithmos, *logarithmos vero tangentium* differentiales; Keplerus *etiam* Meſologarithmos *vocat. Dicuntur quoque hi logarithmi* Sinus & tangentes artificiales.

CAPUT

Digitized by Google

CAPUT II.

De
ANALYSI TRIANGULORUM.

THEOREMA 2.

Tab. I. Fig. 2. 32. *Tangens 45° EF æquatur radio EC.*

DEMONSTRATIO.

Quoniam arcus AE 45°, *per hypoth.* erit quoque angulus ACE 45° (§. 59 *Geom.*), conſequenter angulus F 45° (*§.* 241. *Geom.*). Quare EF = CE (*§.* 253 *Geom.*). *Q. e. d.*

THEOREMA 3.

Tab. I. Fig. 1. 33. *In omni triangulo ABC latera ſunt ut ſinus oppoſitorum angulorum.*

DEMONSTRATIO.

Cum enim omne triangulum circulo inſcriptibile ſit (297 *Geom.*); erunt latera AC, CB & AB chordæ arcuum cognominum (§. 38 *Geom.*), conſequenter latera dimidia ſinus arcuum dimidiorum (§. 2). Sed arcus dimidii ſunt menſuræ angulorum oppoſitorum B, A & C (§. 314 *Geom.*). Ergo ut latus AC ad ſinum anguli ſibi oppoſiti B; ita latus BC ad ſinum anguli ſibi oppoſiti A, ita etiam AB ad ſinum anguli ſibi oppoſiti C. *Q. e. d.*

SCHOLION.

34. *Ut vero evidentius appareat, in triangulo obtuſangulo pro ſinu anguli obtuſi utendum eſſe ſinu anguli acuti, qui eidem deinceps ponitur, & quem eſſe etiam ſinum anguli obtuſi ſupra annotavimus (§. 6), ſequens addere lubet theorema.*

THEOREMA 4.

35. *In triangulo obtuſangulo AGC eſt ut latus angulo obtuſo G oppoſitum AC ad ſinum anguli acuti AGI eidem deinceps poſiti, ita latus angulo obtuſo adjacens GA ad ſinum anguli eidem oppoſiti C.* Tab. I. Fig. 8.

DEMONSTRATIO.

Demittatur ex A in baſin continuatam GC perpendicularis AE; erunt AEG & AEC triangula rectangula (§. 78. 91 *Geom.*). Cum itaque ſit ut ſinus totus ad AC ita ſinus anguli C ad AE & ut AG ad ſinum totum ita AE ad ſinum anguli AGE (§. 33); erit etiam ut AG ad AC ita ſinus anguli C ad ſinum anguli AGE (§. 197 *Arithm.*).

Arithm.), conſequenter latus angulo obtuſo adjacens GA eſt ad ſinum anguli eidem oppoſiti C ſicuti latus angulo obtuſo oppoſitum AC ad ſinum anguli acuti eidem deinceps poſiti AGE (§. 173 *Arithm.*) *Q. e. d.*

PROBLEMA 13.

Tab. I. Fig. 1. 36. ***Datis duobus angulis A & C una cum latere uni eorum C oppoſito AB, invenire latus alteri A oppoſitum BC.***

RESOLUTIO.

Inferatur (§. 33):
ut ſinus anguli C
ad latus ſibi oppoſitum datum AB.
Ita Sinus anguli alterius A
ad latus quæſitum BC.

Invenietur adeo Logarithmorum ope BC *per probl. 38. Arithm.* (§. 351).

E. gr. Sit C = 48° 35′, A = 57° 28′, AB = 74′. Calculus talis erit:

Log. Sin. C	9.8750142
Log. AB	1.8692317
Log. Sin. A	9.9258681
Sum. Log. AB & Sin. A	11.7950998
Log. BC	1.9200856.

cui in Canone logarithmorum pro numeris vulgaribus reſpondent 83′. Cum vero logarithmus in tabulis non exactus reperiatur; inveniri poſſunt numeri inventi 83′ fractiones decimales, hoc eſt, in caſu noſtro digiti, ſi ſub characteriſtica 2 poſt 830′ denuo logarithmus ipſius BC evolvatur: cui proxime reſpondet numerus 831″. Quodſi præter digitos etiam lineas deſideres; eundem logarithmum quære poſt 8310‴ & ei quam proxime reſpondere deprehendes 8319‴. Immo ſi canon major ad manus ſit, ipſa ſcrupula quarta expiſcari licet, ſi logarithmus inventus poſt 83190⁗ evolvatur: ubi eidem quam proxime reſpondet logarithmus numeri 83192. Eſt ergo BC 8° 3′ 1″ 9‴ 2⁗ (§. 355. *Arithm.*).

SCHOLION.

37. *Quid facto opus ſit, ſi logarithmi characteriſtica fuerit 3, in Arithmetica loco citato docuimus.*

PROBLEMA 14.

38. ***Datis duobus lateribus AB & BC una cum angulo C uni eorum oppoſito, invenire angulos reliquos A & B.*** Tab. I. Fig. 1.

RESOLUTIO.

I. Inferatur (§. 33):
ut latus unum AB
ad ſinum anguli dati ſibi oppoſiti C:
Ita latus alterum BC
ad ſinum anguli quæſiti ſibi oppoſiti A.

Invenietur adeo logarithmus ſinus anguli A utendo logarithmis *per probl. 38. Arithm.* (§. 351).

II. Quod-

Digitized by Google

Tab. I. Fig. 8. II. Quodſi latus AG vel AB dato angulo C oppoſitum fuerit minus latere AC, quod opponitur angulo quæſito, quæſitus angulus & obtuſus eſſe poteſt, & acutus B (§. 234 *Geom.*), adeoque conſtare debet, utrum triangulum datum ſit obtuſangulum, an acutangulum. In caſu poſteriori ſatisfacit numerus graduum, qui ſinui reperto reſpondet; in priori pro angulo obtuſo ſumitur ejus complementum ad 180° (§. 35).

Tab. I. Fig. 8. III. Quodſi angulus datus G in triangulo GAC fuerit obtuſus & datis præterea cruribus AG & AC quæratur obtuſus, in ſolutione pro ſinu obtuſi anguli AGC ſumitur deinceps poſiti acuti AGE ſinus (§. 35).

Tab. I. Fig. 1. E. gr. Sit AB = 94′, BC = 69″, C = 72° 15′.

Log. AB	1. 9731279
Log. Sin. C	9. 9788175
Log. BC	1. 8388491
Sum. Log. Sin. C & BC	11. 8176666
Log. Sin. A	9. 8445387,

cui in canone proxime reſpondent 44° 21′. Quodſi Canon major non fuerit ad manus & præter ſcrupula prima etiam ſecunda deſiderentur *vi probl.* 4. (§. 19) hunc in modum inveniuntur.

A logarith. invento 98445387 ſubtrahe
Tabul. prox. min. 98445018

& notetur Differ. I. 389
Simil: ex prox. maj. 98446310 ſubduc
prox. min. 98445018

& notetur Diff. II. 1292

Inferatur: 1292 : 60 = 389
2) 646 : 30 30

11670 (18
646

521.0
5168

42

Eſt ergo angulus A = 44° 21′ 18″
Sed C = 72 15 0

Quare A + C = 116 36 18
Quon. A + C + B = 179 59 60

erit B = 63° 23′ 42″

Similiter dentur in triangulo rectangulo præter rectum A hypothenuſa BC & cathetus AC pro angulo B. Sit nempe BC 49, AC 36′. Calculus talis erit: Tab. I. Fig. 6.

Log. BC	1. 6901961
Log. Sin. tot.	10.0000000
Log. AC	1.5563025
Log. Sin. B	9.8661064,

cui in canone proxime reſpondent 47° 16′. Ergo C = 42° 44′ (§. 241 *Geom.*).

Quodſi AG = 349″, AC = 382″, angulus A = 57° 25′; erit Tab. I. Fig. 2.

Log. AG	25428254
Log. Sin. C	99256261
Log. AC	25820634
Sum. Log. Sin C & AC	125.07.6895
Log. Sin. G	9964 8641,

 cui

cui in Canone proxime reſpondent 67° 15′. Eſt igitur angulus acutus B in triangulo ABC 67° 15′: quem ſi ſubtraxeris ex 180°, relinquetur pro obtuſo AGC 112° 45′.

Detur denique in triangulo obtuſangulo AGC angulus obtuſus G 165° 17′, una cum cruribus AG = 179″ & AC 223″ pro acuto C. Inferatur (§. 55).

Log. AC	2.3483049
Log. Sin. AGE	9.4049009
Log. AG	2.2528530
Sum. Log. Sin. G & AG	11 65.775.39

Log. Sin. C 9.3094490, cui in Canone reſpondent quam proxime 11° 46′.

LEMMA.

39. *Si a ſemiſumma duarum quantitatum ſubtrahatur ſemidifferentia, relinquitur quantitas minor: Si vero illi hæc addatur, prodit major.*

DEMONSTRATIO.

Numerus major componitur ex minore & differentia (§. 64 *Arithm.*): ergo ſumma ex minore bis ſumta & differentia, conſequenter ſemiſumma ex minore & ſemidifferentia. Quare ſi a ſemiſumma ſemidifferentia ſubtrahatur, minor quantitas relinquitur (*§. cit. Arithm.*). *Quod erat unum.*

Quodſi vero ſemiſummæ ſemidifferentia addatur, aggregatum erit compoſitum ex quantitate minore & differentia (*§. 61 Arithm.*), adeoque numerus major, *per demonſtr. Quod erat alterum.*

PROBLEMA 15.

40. *Datis duobus lateribus BA & AC cum angulo intercepto A, invenire angulos reliquos.*

RESOLUTIO.

I. Si triangulum ABC fuerit rectangulum; aſſumto crure uno cira rectum AB pro radio, erit alterum CA tangens anguli oppoſiti B (§.7.8) Inferatur ergo: Tab. I. Fig. 6.

ut crus unum AB
ad alterum AC;
Ita ſinus totus
ad tangentem anguli B.

E. gr. Sit BA 79′, AC 54′: erit

Log. BA	18976271
Log. AC	17323938
Log. Sin. Tot.	100000000

Log. Tang. B. 9.8347667, cui in Canone reſpondent quam proxime 34° 21′. Ergo angulus C 55° 39′ (*§. 241 Geom.*).

II. Si angulus A fuerit obliquus; Tab. I. Fig. 7.
1. inferatur:
ut ſumma laterum datorum
AB & AC
ad differentiam eorundem.

Ita

Ita tangens ſemiſummæ angulorum quæſitorum C & B.

ad tangentem ſemidifferentiæ eorundem.

2. Addatur ſemidifferentia ad ſemiſummam; aggregatum erit angulus major C. Eadem a ſemiſumma ſubtrahatur, reſiduus fiet angulus minor B.

E. gr. Sit AB 75′, AC 58′, A 108° 24′, erit

AB 75	AB 75	A + B + C	179° 60′
AC 58	AC 58	A	108 24
Sum: 133	Diff. 17	B + C	71 36
		$\frac{1}{2}$ (B + C)	35 48

Log. AB + AC 2.1238516
Log. AB − AC 1.2304489
Log. Tang. $\frac{1}{2}$(B + C) 9.8580694

Summa Logg. 11.0885183

Log. Tang. $\frac{1}{2}$(C − B) 89646667, cui in tabulis proxime reſpondent 5° 16′.

$\frac{1}{2}$(B + C) = 35° 48′	$\frac{1}{2}$(B + C) = 35° 48′
$\frac{1}{2}$(C − B) = 5 16	$\frac{1}{2}$(C − B) = 5 16
C = 41 4	B = 30 32

DEMONSTRATIO.

Crure majore dato AB ex vertice anguli dati A deſcribatur circulus (§. 131 *Geom.*), & crus minus AC utrinque continuetur (§. 21 *Geom.*), donec circulo in E & D occurrat. Erit ob AE = AB = AD (§. 40 *Geom.*) CE ſumma laterum datorum, CD differentia eorundem. Quoniam DE diameter (§. 39 *Geom.*); erit EBD ſemicirculus (§. 135 *Geom.*), conſequenter angulus EBD rectus (§. 317 *Geom.*), adeoque EB ad BD perpendicularis (§. 78 *Geom.*). Quare ſi BD ſumatur pro ſinu toto; erit EB tangens anguli EDB (§. 7. 8). Eſt vero $o = x + y$ (§. 239 *Geom.*) & inde ob $u = \frac{1}{2} o$ (§. 313 *Geom.*), $u = \frac{1}{2}(x + y)$. Ergo EB tangens ſemiſummæ angulorum quæſitorum x & y. Quoniam $x = u + n$ (§. 239 *Geom.*); erit n ſemidifferentia angulorum x & y (§. 39). Sumto itaque DB denuo pro radio ſi deſcribatur arcus DG (§. 131 *Geom.*) & in D excitetur perpendicularis DF (§. 149 *Geom.*); erit DF tangens anguli n (§. 7. 8), hoc eſt, ſemidifferentiæ angulorum quæſitorum x & y *per demonſtr.* Jam cum anguli EBD & FDB ſint recti *per demonſtr.* & hinc FD & EB parallelæ (§. 256), adeoque BED & FDE æquales (§. 233 *Geom.*), item verticales ad C æquales (§. 156 *Geom.*); erit CE : BE = DC : DF (§. 266 *Geom.*), conſequenter & CE : DC = BE : DF (§. 173 *Arithm.*). Data itaque per tangen-

tangentem DF angulorum quæſitorum ſemidifferentia, reliqua in reſolutione manifeſta ſunt per lemma præcedens (§. 39). *Q. e. d.*

PROBLEMA 16.

Tab. I. Fig. 8. 41. *Datis tribus lateribus AB, BC & CA, invenire angulos A, B & C.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

1. Ex vertice anguli A latere minimo AB deſcribatur circulus (§. 131 *Geom.*); erit ob AD = AB (§. 40 *Geom.*) CD ſumma crurum AC & AB; CF vero differentia eorundem. Et ideo inferre licet (§. 333 *Geom.*);

   ut Baſis BC
   ad ſummam crurum CD,
   Ita differentia crurum CF
   ad ſegmentum baſis CG.

2. Inventum adeo ſegmentum CG (§. 302 *Arithm.*) ſi ſubtrahatur a baſi CB; relinquitur chorda GB.

3. Demittatur ex A perpendicularis AE ad chordam GB (§. 216 *Geom.*), erit BE = EG = $\frac{1}{2}$ GB (§. 291 *Geom.*). Datis adeo in triangulo rectangulo AEB lateribus AB & BE, & in altero ACE lateribus AC & CE; inveniuntur anguli B atque A (§. 38). *Q. e. f. & d.*

E. gr. Sit AB = 36′, AC = 45′, BC = 40′: erit

AC = 45′	AC = 45′
AB = 36	AB = 36
AC + AB = 81	FC = 9

Log. BC = 1.6020600
Log. AC + AB = 1.9084850
Log. FC = 0.9542425

Logg. ſumma = 2.8627275

Log. CG = 1.2606675, cui in tabulis quam proxime reſpondent 18′ 2″ 2‴ (§. 355 *Arithm.*).

BC = 4000‴	EG = 1089‴
CG = 1822	CG = 1822
BG = 2178	CE = 2911
BE = 1089	

Log. AB = 3.5563025
Log. Sin. tot. = 10.0000000
Log. EB = 3.0370279

Log. Sin. EAB = 9.4807254, cui in tabulis quam proxime reſpondent 17° 36′. adeoque angulus ABE 72° 24′ (§. 241 *Geom.*).

Log. AC = 3.6532125
Log. Sin. tot. = 10.0000000
Log. CE = 3.4640422

Log. Sin. EAC = 9.8108297, cui in tabulis quam proxime reſpondent 40° 10′. Ergo ACE 49° 42′ (§. 241 *Geom.*) & CAB 57° 54′ (§. 86 *Arithm.*).

CAPUT

Digitized by Google

CAPUT III.

De

USU TRIGONOMETRIÆ PLANÆ IN GEOMETRIA PRACTICA.

PROBLEMA 17.

42. *Conſtruere inſtrumentum transportatorium rectilineum, hoc eſt, ſcalam ſecundum eam proportionem diviſam, quam habent ſubtenſæ arcuum ad radium.*

RESOLUTIO.

1. Ex communi canone ſinunm excerpantur ſinus arcuum 2°30′, 5°, 7° 30′, 10°, 12° 30′ &c. nempe in progreſſione arithmetica progredientium, in qua terminorum differentia eſt $2\frac{1}{2}$. Eos multiplica per 2; erunt facta chordæ arcuum 5, 10, 15, 20, 25 &c. (§. 2): ut hic in tabella factum vides.

Gr.	Chor. dimid	Chor. integ.	Gr.	Chor. dimid	Chor. integ.
5	43.6	87	50	422.6	845
10	87.1	174	55	461.7	923
15	130.5	261	60	500.0	1000
20	173.6	347	65	537.2	1074
25	216.4	433	70	573.5	1147
30	258.8	517	75	608.7	1217
35	300.7	601	80	642.7	1285
40	342.0	684	85	675.5	1351
45	382.6	765	90	707.1	1414

2. Ducatur recta AD & ad eam erigatur perpendicularis AB (§. 212 *Geom.*) pro arbitrio in quinque, decem, viginti, &c. partes æquales dividenda, prout vel ſolos gradus, vel gradus dimidios, vel partes quartas &c. indicare debent ſubtenſæ. Tab. I. Fig. 9.

3. Per ſingula diviſionum puncta agantur rectæ ipſi AD parallelæ (§. 258 *Geom.*).

4. In lineam AD, incipiendo ſemper a puncto A, transfer particulas chordarum integrarum gradibus 5°, 15°, 25°, 35° &c. reſpondentes ex ſcala Geometrica in particulas minutisſimas diviſa (§. 277 *Geom.*): in linea vero ſuperiori BC eodem modo deſignentur particulæ chordarum reſpondentes gradibus 10, 20, 30, 40, 50 &c. Quodſi ſcala Geometrica non continet particulas adeo minutas, quales deſiderantur; utendum eſt chordis dimidiis: quod perin-

de ac ſi particulæ in ſcala biſariam dividerentur. Negligenda autem eſt nota puncto a reliquis ſeparata, vel ſi major fuerit, ejus loco addenda eſt unitas ultimæ earum, quæ retinentur. E. gr. loco 258.8 aſſume 259. Ultimas nimirum notas ideo adjecimus, ut appareret, quomodo earum dupla pro chordis computata fuerint.

5. Ducantur transverſæ ex B in 5, ex 5 in 10, ex 10 in 15, ex 15 in 20, ex 20 in 25 &c.

Cum enim A 5, B 10 &c. ſint chordæ 5, 10 &c graduum & chordæ a quinis ad quinos gradus fere arcubus proportionaliter creſcant; erit c 1 ſubtenſa arcus 1°, d 2 ſubtenſa 2 &c. graduum (§. 268 *Geom.*).

COROLLARIUM 1.

43. Quia ſubtenſa 60° eſt radius (§. 356 *Geom.*); anguli quantitatem inveſtigaturus intervallo B 60 deſcribat ex vertice anguli intra crura ejus arcum, qui eſt menſura ipſius (§. 57 *Geom.*), & ejus chordam ad ſcalam applicet, quæ, ſi e. gr. ex *d* in 42 pertingat, oſtendit angulum eſſe 42°.

COROLLARIUM 2.

Tab. I. Fig. 10. 44. Angulus datæ quantitatis conſtruetur, ſi radio B 60 deſcribatur ex centro B arcus CF & ſubtenſa gradus dati e. gr. 23, in ſcala reperta transferatur ex C in D. Erit enim DC menſura anguli B (§. 57 *Geom.*), adeoque tot graduum, quot arcus continet (§. 59 *Geom.*).

SCHOLION.

45. *Hujus inſtrumenti beneficio quantitatem angulorum etiam in ſcrupulis ſatis accurate explorari experientia loquitur.*

PROBLEMA 18.

46. *Circulo polygonum regulare inſcribere & circumſcribere.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

1. Aſſumto radio 10000 partium, quales in Canone triangulorum haberi ſupponitur, inde excerpatur ſinus ejus arcus, qui prodit, peripheria integra 360° per duplum numerum laterum polygoni, aut (quod perinde eſt) ſemiperipheria, hoc eſt 180°, per numerum laterum polygoni diviſa. Illius enim duplum eſt chorda arcus dupli (§. 2), adeoque latus AB polygoni circulo inſcribendi (§. 342 *Geom.*). Tab. I. Fig. 11.

2. Quodſi radius circuli, cui e. gr. pentagonum inſcribendum, detur juxta certam aliquam menſuram, e. gr. 345″; latus polygoni in eadem menſura invenitur

Digitized by Google

tur per regulam trium (§. 302 *Arithm.*), inferendo nempe

10000 — 1176 — 3450′
3450
58800
4704
3528
4057|200 / 4° 0′ 5″ 7‴ Lat.
1 0|000 \ Pentag.

3. Dato radio deſcribatur circulus & in eo applicetur latus polygoni, quoties fieri poteſt (§. 342 *Geom.*).

4. Polygono regulari circulo inſcripto ſimile circumſcribetur (§. 355 *Geom.*).

SCHOLION.

47. *Ne moleſta ſit rationis lateris polygoni ad radium ex canone ſinuum inveſtigatio, in tabula hic exhibemus latera polygonorum iſtiusmodi particulis expreſſa, qualium radius habet* 10000000: *In praxi tot notæ verſus dexteram reſecantur, quot per circumſtantias ſingulares ſuperflue judicabuntur.*

Num. Later.	Quantitas Lateris	Num. Later.	Quantitas Lateris.
III	17320508	VIII	7653668
IV	14142135	IX	6840402
V	11755705	X	6180339
VI	10000000	XI	5634651
VII	8677674	XII	5176380

PROBLEMA 19.

48. *Super data recta AB polygonum regulare deſcribere: & dato polygono regulari ABCDE circulum circumſcribere.* Tab. I. Fig. 11.

RESOLUTIO.

Non alia re opus eſt, quam ut ratione lateris ad radium ex tabula præcedente aſſumta quæratur radius in ea menſura, in qua datur latus AB (§. 302 *Arithm.*): dato enim latere AB & radio AL, polygonum deſcribi poteſt (§. 342 *Geom.*). Si vero intervallo radii ex A & B ſuper latere polygoni uno fiat interſectio in L, habebitur centrum L circumſcribendi circuli (§. 37 *Geom.*).

PROBLEMA 20.

49. *Datis ſinu verſo AB & ſinu BC in menſura communi, non in particulis radii decimalibus, invenire arcum FC in gradibus.*

RESOLUTIO & DEMONSTRATIO.

1. Quæratur ex his datis ſemidiameter AD (§. 328 *Geom.*). Tab. I.
2. Datis jam in triangulo DBC præter rectum B (§. 3) lateribus BC & DC, invenitur angulus ADC (§. 40): qui indicat numerum graduum in arcu AC (§. Fig. 12.

 59 Ge-

Digitized by Google

59 *Geom.*), cujus duplus eſt arcus FC (§. 291 *Geom.*). *Q. e. i. & d.*

SCHOLION.

50. *Hujus problematis uſus eſt in inveniendo ſegmento circuli* (§. 436 Geom.).

PROBLEMA 21.

Tab. I. Fig. 13. 51. *Datis in figura rectilinea quacunque omnibus lateribus AB, BC, CD, DE, EA & angulis* o & y; *invenire diagonales.*

RESOLUTIO.

1. In △ ABE datis duobus lateribus AB & AE una cum angulo *o* invenitur primum angulus A (§. 40); dein diagonalis BE (§. 36).
2. Eodem modo reſoluto triangulo BCD invenitur diagonalis BD. *Q. e. f.*

PROBLEMA 22.

Tab. I. Fig. 13. 52. *Datis in figura rectilinea quacunque duobus lateribus AB & BC, una cum diagonalibus BE & BD atque angulis* o, x & y; *invenire latera reliqua CD, DE & EA.*

RESOLUTIO.

1. Datis in triangulo ABE duobus lateribus AB & BE cum angulo intercepto *o* invenitur primum angulus *u* (§. 40) & deinde porro AE (§. 36).
2. Eodem prorſus modo in triangulis reliquis BED & BCD inveſtigantur latera ED & DC. *Q. e. f.*

PROBLEMA 23.

53. *Datis in figura rectilinea quacunque omnibus lateribus AB, BC, CD, DE, EA & tot angulis, quot ſunt latera, demtis tribus C & D, invenire diagonales BD & BE.* Tab. I. Fig. 13.

RESOLUTIO.

1. In triangulo BCD datis lateribus BC & CD cum angulo intercepto C inveſtigetur angulus *m* (§. 40), quo ex angulo D ſubducto relinquitur angulus *n*, atque porro diagonalis BD (§. 36).
2. Datis jam in triangulo BDE lateribus BD & DE cum angulo intercepto *n*; eodem prorſus, quo ante, modo reperitur diagonalis BE. *Q. e. f.*

PROBLEMA 24.

54. *Datis in figura rectilinea quacunque latera AB una cum angulis* o, x, y, e, u & n; *invenire diagonales AC, AD, BD & BE una cum lateribus BC & AE.* Tab. II. Fig. 22.

RESOLUTIO.

1. Datis in triangulo ABC angulis

Digitized by Google

lis o & B ($= e + u + n$) una cum latere AB inveniuntur latus BC & diagonalis AC (§. 36).

2. Similiter datis in triangulo ABD angulis $o + x$ & $c + u$ una cum latere AB, inveniuntur diagonales BD & AD (*ſ. cit.*).

3. Denique datis in triangulo ABE angulis A ($= o + x + y$) & e una cum latere AB, inveniuntur latus AE & diagonalis BE. *Q. e. f.*

SCHOLION.

55. *Cum ichnographiæ arearum optime perficiantur, datis omnibus lateribus itemque diagonalibus* (§. 363 Geom.); *horum problematum in planimetria uſus eſt non contemnendus. Qui tamen praxi operam dant moleſtias calculi fugiunt; lucro magis quam accurationi intenti.*

PROBLEMA 25.

Tab. I. Fig. 14. 56. *Metiri diſtantiam duorum locorum BC ex eodem tertio A acceſſorum.*

RESOLUTIO.

1. Inveſtigetur quantitas anguli A, puncto A ad arbitrium aſſumto (*ſ.* 152 *Geom.*), nec non rectarum AB & AC (§. 126 *Geom.*).

2. Datis in △ BAC duobus lateribus BA & BC cum angulo intercepto A, inveniatur primum angulus B (§. 40) & hinc porro diſtantia BC (§. 36). *Q. e. f.*

SCHOLION.

57. *Exempla non addimus, cum problemata, quibus triangula in hac trigonometria applicatione ſolvuntur, jam in ſuperioribus fuerint exemplis illuſtrata. Ut tamen de commoda ſtationis electione A judicari poſſit, quadam adhuc addenda ſunt. Nimirum lineas AB & AC, quæ ſunt latera trianguli reſolvendi BAC ſatis accurate in campo metiri licet* (*ſ.* 126): *ſed in metiendo angulo facile aliquot ſcrupulis primis vel in exceſſu, vel in defectu peccamus: eum tamen hoc angulo erroneo in calculo utamur tanquam vero, fieri omnino non poteſt ut diſtantia erronea obtineatur. Quamobrem de quantitate erroris admittendi hic nobis diſpiciendum.*

THEOREMA 5.

58. *Si error aliquot ſcrupulorum in quantitate anguli A admittatur, laterum vero BA & AC magnitudo fuerit accurata; erit arculi CD errorem CAD metientis quantitas ad DE differentiam diſtantiæ veræ BC ab erronea per calculum producta BD ut ſinus totus ad ſinum anguli BCA, qui lateri AB opponitur.* Tab. II. Fig. 15.

DEMONSTRATIO.

Etenim ſi in angulo BAC metiendo peccetur, ut prodeat tantillo

tillo major BAD, ob rectarum AC & AD æqualitatem *per hypoth.* triangulum BAC degenerat in alterum BAD. Deſcribatur ex A intervallo AC tanquam radio arcus CD, qui per punctum D ob AC=AD (§. 40 *Geom.*) neceſſario tranſit. Quoniam angulus CAD nonniſi aliquot ſcrupulorum eſt, arcus exiguus CD, qui eum metitur (§. 57 *Geom.*), pro recta haberi, &, ſi ejus ad peripheriam detur ratio, in eadem menſura determinari poteſt, in qua datur latus AC (§. 435 *Geom.*). Deſcribatur ſimiliter ex centro B intervallo BC arcus CE, qui ex eadem ratione pro recta haberi poterit, eritque ob BC=BE (§. 40 *Geom.*) ED differentia inter diſtantiam veram BC & erroneam BD: anguli vero ACD, BCE & CED ſunt recti (§. 308 *Geom.*), conſequenter BCE=ACD (§. 145 *Geom.*), atque adeo BCA=ECD (§. 91 *Arithm.*). Eſt vero ut ſinus totus ad CD ita ſinus anguli ECD ſive BCA *per demonſtr.* ad ED (§. 33): ergo etiam ut ſinus totus ad ſinum anguli BCA ita CD ad ED (§. 173 *Arithm.*). *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

59. Eodem ergo manente errore CD in angulo A metiendo admiſſo, error in diſtantia admiſſus ED major eſt, ſi angulus BCA major fuerit; minor autem, ſi hic quoque minor fuerit (§. 205. 206 *Arithm.*).

COROLLARIUM 2.

61. Statio itaque in A ea eligenda, quæ acutum valde efficit angulum BCA (§. 59): quod obtinetur, ſi angulus A fuerit major recto (§. 240 *Geom.*) & latus AC > AB (§. 189 *Geom.*).

COROLLARIUM 3.

63. Cum angulus BAD major ſit angulo BMD (§. 188 *Geom.*); præſtat eligi ſtationem A viciniorem, quam remotiorem (§. 59).

SCHOLION.

62. *Supponimus hic parti lateris AB congruere ſemidiametrum inſtrumenti goniometrici, dum angulum metimur, lateri vero AC reſpondere regulam mobilem* (§. 152 Geom.).

COROLLARIUM 4.

63. Quoniam error ED in diſtantia definienda admiſſus major eſt, ſi quantitas arcus CD major fuerit (§. 58), quantitas autem arcus CD major prodeat, eodem errore CAD admiſſo, ſi latus AC longius, quam ſi brevius fuerit, ideo hinc quoque patet, ſtationem viciniorem præſtare remotiori.

SCHOLION.

64. *Ceterum hinc apparet, praxes accuratiſſimas eſſe, quæ ſolis lineis in campo menſuratis nituntur, ubi in earum poſitione ob errorem in angulorum quantitate commiſſum aberrari*

Digitized by Google

aberrari nequit. Dedimus hic ſpecimen aliquod eorum, quæ circa praxin Geometriæ accuratam expendi merentur, ut oſtenderemus, theoriam accuratam parere praxin accuratam, & ad theoriam perfecte addiſcendam excitemus, qui olim praxi operam daturi. Falluntur enim, qui ſibi perſuadent, per theoriam addiſci non poſſe certas praxium accuratarum circumſtantias, tum demum obſervandas, ubi manum praxi admoveris. Etenim plerumque tantum confuſe obſervantur; per theoriam vero accurate determinantur.

PROBLEMA 26.

Tab. II. Fig. 16. 65. *Invenire diſtantiam duorum locorum AC, quorum unus A tantum acceſſibilis.*

RESOLUTIO.

1. Inveſtigetur quantitas angulorum A & B, ſtatione in B electa (§. 152 *Geom.*), itemque rectæ AB (§. 126 *Geom.*).
2. Inveniatur AC (§. 36). *Q. e. f.*

THEOREMA 6.

Tab. II. Fig. 23. 66. *Si in diſtantia AB ex duobus angulis A & ACB una cum latere AC inveſtiganda nonniſi in angulo uno ACB metiendo aberretur; arcus BE, qui errorem in angulo BCD admiſſo metitur, erit ad BD differentiam inter diſtantiam veram AB & erroneam AD ut ſinus anguli tertii o diſtantiæ ſtationum AC oppoſiti ad ſinum totum.*

DEMONSTRATIO.

Illud per ſe patet in hoc caſu diſtantiam erroneam calculo productam AD continuo in directum jacere veræ AB, conſequenter latus CD terminans angulum erroneum ACD ſecare diſtantiam veram in præſente caſu productam in D. Deſcribatur ergo ex centro C radio CB arcus CE, qui eſt menſura erroris BCD (§. 57 *Geom.*), cumque nonniſi paucorum minutorum fit *ex hypotheſi*, pro recta haberi poteſt. Quamobrem cum anguli BED & CBE ſint recti (§. 309 *Geom.*), erunt anguli *o* & *u* (§. 147 *Geom.*), itemque *u* & *x* æquales recto (§. 241 *Geom.*), conſequenter $o + u = x + u$ (§. 145 *Geom.*), atque ideo $o = x$ (§. 91 *Arithm.*). Eſt vero ut ſinus anguli *x* (ſive *o per demonſtr.*) ad arcum BE ita ſinus totus ad BD (§. 33). Ergo BE eſt ad BD ut ſinus anguli *o* ad ſinum totum (§. 173 *Arithm.*). *Q. e. d.*

COROLLARIUM 1.

67. Cum ſinus anguli *o* majorem habeat ad ſinum totum rationem, ſi major, quam ubi minor fuerit (§. 203 *Arithm.*); eodem errore in metiendo

Digitized by Google

tiendo angulo ACB admiſſo, hoc eſt, arcu BE exiſtente eodem, minor erit error in diſtantia determinanda admiſſus BD, ubi angulus *o* major, quam ubi minor fuerit (§. 206 *Arithm.*).

COROLLARIUM 2.

68. Unde conſequitur, talem hoc in caſu fieri debere ſtationum A & C electionem, ut anguli A & C ſint admodum obliqui, angulus vero *o* evadat recto proximus: id quod obtinetur ſi anguli A & C junctim ſumti tantillo excedant rectum (§. 240 *Geom.*).

COROLLARIUM 3.

69. Anguli obtuſi eundem ſinum habent cum acutis, qui ipſis deinceps ponuntur (§. 5). Quamobrem ſi recto fuerint multo majores, perinde eſt in præſenti caſu, ac ſi angulus o eſſet valde acutus. Quodſi autem angulum *o* in electione ſtationum obtuſum deſideres, tantillo rectum excedere debet, conſequenter anguli A & C ſimul a recto tantillo deficiant neceſſe eſt.

COROLLARIUM 4.

70. Si angulus *o* fuerit rectus, arcus BE cum ipſa BD coincidit, atque adeo errori in diſtantia admiſſo æqualis reperitur, ubi in eadem menſura determinatur, in qua datur diſtantia ſtationum AC ex radio nempe CB (§. 435 *Geom.*).

COROLLARIUM 5.

71. Errore adeo in angulo C exiſtente eodem, qui in diſtantia admittitur minimus omnium eſt, ubi angulus *o* fuerit rectus.

THEOREMA 7.

72. *Si in dimetienda diſtantia locorum AB ex duobus angulis A & C & uno latere AC error etiam in altero angulo metiendo A admittatur præter eum, qui in angulo C committitur; erit errorem in angulo A commiſſum metiens arcus DI diſtantia uno errore implicita AD tanquam radio deſcriptus ad errorem inde in diſtantia productum IH ut ſinus anguli tertii o quantitate erroris primi m diminuti ad ejus coſinum.* Tab. II. Fig. 21.

DEMONSTRATIO.

Etenim ſi AH fuerit recta poſitione data, in quam ob errorem in angulo A metiendo admiſſum promovetur diſtantia AB, recta errorem primum *m* terminans CD continuanda, donec illi in H occurrat, eritque AH diſtantia ex duplici errore *m* & *k* admiſſo. Jam diſtantia uno errore implicita AD tanquam radio deſcribatur arcus DI menſura erroris *k* (§. 57 *Geom.*); erit is tum ad AD, tum ad AI perpendicularis (§. 309 *Geom.*), conſequenter anguli DIH & ADI recti (§. 75 *Geom.*), cumque arcus DI ſit paucorum minutorum (§. 59) *Geom.*) pro recta haberi poteſt. Hinc porro ut in

ut in demonſtratione præcedente colligitur eſſe $y=x=o-m$ (§. 239 *Geom.*). Eſt vero ut ſinus anguli y ad DI ita ſinus anguli z ad IH (§. 36). Ergo DI ad IH ut ſinus anguli y ad ſinum anguli z (§. 173 *Arithm.*), ſive coſinum anguli y (§. 241 *Geom.*). *Q. e. d.*

SCHOLION.

73. *Si in dimetiendo angulo peccetur in defectu, error in diſtantia admiſſus eodem modo determinatur, niſi quod tum fiat ſubtractivus, atque adeo unus alterum imminuere, immo prorſus compenſare poſſit, ubi alter additivus, alter ſubtractivus fuerit. Sed plura non addimus ob rationem paulo ante dictam.*

PROBLEMA 27.

Tab. II. Fig. 17. 74. *Invenire diſtantiam duorum locorum inacceſſorum AB.*

RESOLUTIO.

1. Statione commoda in C electa inveſtigetur quantitas anguli ACB, itemque angulorum D & E atque BCE (§. 152 *Geom.*), punctis D & E cum C in eadem linea deſignatis (§. 125 *Geom.*).
2. Inveſtigetur etiam quantitas rectarum DC & CE (§. 126 *Geom.*).
3. Summa angulorum ACB & BCE, itemque BCE & E ſubtrahatur ex 180°, ut relinquantur anguli ACD & CBE (§. 148 (*Wolffii Math. Tom. I.*) *Geom.*): eodemque modo inveniatur angulus DAC.
4. Datis jam in triangulis DAC & CBE angulis cum latere uno, nempe DC in primo, CE in altero, inveniuntur AC & CB (§. 36) & hinc porro angulus CAB (§. 40), tandemque AB (§. 36).

PROBLEMA 28.

75. *Invenire altitudinem acceſſibilem AB.* Tab. II. Fig. 18.

RESOLUTIO.

1. Statione in E electa inſtrumentoque (§. 284 *Geom.*) rite collocato, inveſtigetur quantitas anguli ADC (§. 152 *Geom.*).
2. Quæratur porro diſtantia ſtationis ab altitudine DC (§. 126 *Geom.*), quæ erit ad AC perpendicularis (§. 227 *Geom.*).
3. Cum adeo C ſit rectus (§. 78 *Geom.*), in triangulo ACD invenietur AC (§. 36).
4. Huic ſi addatur BC; prodibit altitudo integra AB. *Q. e. i.*

THEOREMA 8.

76. *Si in quantitate anguli A inveſtiganda aberretur, erit altitudo vera BD ad falſam BC ut tangens anguli veri DAB ad tangentem anguli erronei CAB.* Tab. II. Fig. 19.

DEMONSTRATIO.

Aſſumto AB pro ſinu toto, erit

Oo DB

DB tangens anguli DAB; CB autem tangens anguli CAB (§. 7). Sunt itaque altitudines BD & BC ut tangentes angulorum DAB & BAC. *Quod erat unum.*

Eodem modo ſe habet demonſtratio, ſi angulus erroneus ſit minor vero.

COROLLARIUM 1.

77. Quoniam poſita eadem quantitate anguli veri atque erronei eadem eſt ratio altitudinis veræ ad erroneam (§. 76); error plurium pedum committitur in altitudine majore quam in minore.

COROLLARIUM 2.

78. Quia tangentes arcuum majorum & valde exiguorum ſeu recto vel minuto proximorum minorem rationem inter ſe habent quam tangentes mediocrium ſeu ſemirecto vicinorum, minore nempe ad majorem relata canone tangentium teſte; ſi idem error committitur in angulo majore aut valde exiguo & mediocri; error in altitudine admiſſus major erit in caſu priore, quam in poſteriore.

SCHOLION.

79. *Sit e. gr. angulus verus DAB 30°, AB 67′: erit altitudo vera 3°8′6″. Ponamus aſſumi angulum erroneum BAC 31°: is producet altitudinem erroneam BC 4°0′2″ (§. 36). Sit in diſtantia minore DE angulus DEB recto proximus 86° & aſſumatur per errorem angulus 87°: reperietur altitudo erronea 5°1′6″, quæ erroneam ſupra inventam excedit 1°1′4″.*

COROLLARIUM 3.

80. Quoniam itaque in diſtantia minore EB angulus E major eſt quam DAB in majore AB (§. 188 *Geom.*), in diſtantia autem valde remota difficulter anguli admodum exigui quantitas exacte determinatur: in metiendis altitudinibus diſtantia ſtationis ab altitudine aſſumenda eſt mediocris, ita ut angulus DEB non multum abeat a ſemirecto.

THEOREMA 9.

81. *Si inſtrumentum in A non fuerit horizontaliter collocatum, ſed vel quantitate anguli BAD verſus horizontem inclinatum vel quantitate anguli EAB ab eodem reclinatum; erit altitudo vera ad falſam ut tangens anguli veri CAB ad tangentem erronei CAD.* Tab. II. Fig. 20.

DEMONSTRATIO.

Sumto enim AB pro radio, CB eſt tangens anguli veri CAB (§. 7). Inferendum ergo: ut ſinus totus ad tangentem CAB ita AB ad altitudinem veram. Infertur autem per errorem: ut ſinus totus ad tangentem CAD ita AB ad altitudinem erroneam. Quamobrem ut tangens CAB ad tangentem CAD ita altitudo vera ad erroneam (§. 196 *Arithm.*). *Quod erat primum.*

Idem

Digitized by Google

Idem eodem modo oſtenditur, ſi inſtrumentum quantitate anguli EAB a ſitu horizontali reclinetur. *Quod erat alterum.*

SCHOLION.

82. *Eadem ergo hic locum habent corollaria, quæ modo theoremati præcedenti ſubjecimus. Cæterum patet altitudines exactas non inveniri ob duplicem errorem, ex vitioſo nempe ſitu tam lineæ AC, quam AB commiſſum.*

PROBLEMA 29.

Tab. II. Fig. 21. 83. *Metiri altitudinem inacceſſam AB.*

RESOLUTIO.

1. Eligantur duæ ſtationes G & E cum altitudine AB in eadem recta (§. 284 *Geom.*) tanto intervallo DF diſtantes, ut angulus FAD non ſit nimis exiguus, nec altera ſtatio G nimis vicina altitudini AB (§. 78. 80).
2. Inveſtigetur quantitas angulorum ADC, AFC & CFB (§. 152 *Geom.*), itemque diſtantiæ FD longitudo (§. 126 *Geom.*).
3. Inveniatur primum in triangulo AFD ex datis angulo D *per obſervationem*, & angulo AFD (§. 149 *Geom.*) & latere FD latus AF (§. 36); dein ex notis in triangulo ACF præter rectum C angulo F & latere AF, latus AG itemque CF (§. 36); tandem ex cognitis in triangulo FCB præter rectum C angulo CFB & latere CF latus CB (§. 36).
4. Addantur AC & CB. Ita prodit altitudo quæſita AB (§. 86 *Arithm.*).

F I N I S

Trigonometriæ planæ.

Digitized by Google

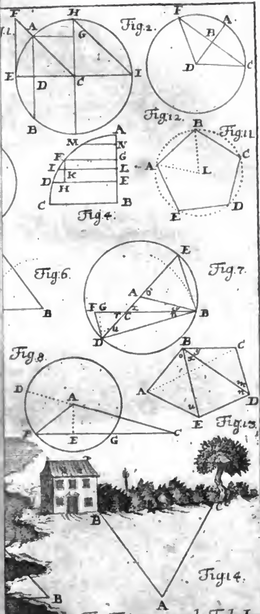
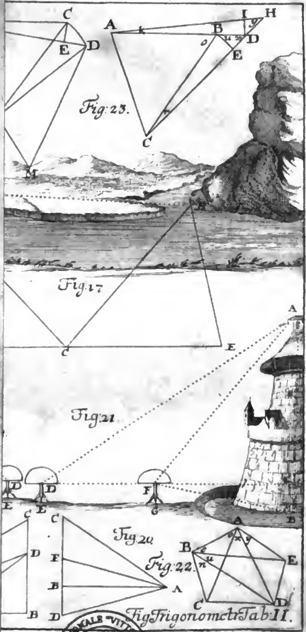


Fig. Trigonometr. Tab. I.

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI

Digitized by Google



BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI
Digitized by Google

Digitized by Google

ELEMENTA ANALYSEOS MATHEMATICÆ
TAM FINITORUM QUAM INFINITORUM.

Digitized by Google

Digitized by Google

PRÆFATIO.

APicem totius eruditionis humanæ conſcendimus Analyſin tradituri: eſt enim ars per calculum quantitatum generalem proprio Marte inveniendi veritates in Matheſi non minus pura, quam applicata. Elementis Arithmeticæ communis atque Geometriæ hactenus expoſitis inſtructus & Analyſi adjutus multa inveniet, quæ ex aliorum ſcriptis non ſine tædio alias haurire deberet; immo omnibus adhuc ignorata deteget. Ea vero perfectiſſima eſt ſtudiorum noſtrorum ratio, quæ paucis memoriæ mandatis aptos reddit ad inveniendum quodlibet eo maxime tempore, quo ejus cognitione opus. Nec major intellectus perfectio concipitur promptitudine ex datis quibusdam alia incognita eliciendi. Accedit, in moderna Analyſi artis ratiocinandi perfectiſſima occurrere exempla. Notiones enim ſignis expreſſæ imaginationi præſentia ſiſtunt, quæ alias ultra ejus ſphæram aſcenderent: longa ratiociniorum ſeries, quibus non ſine multa attentione ac circumſpectione notionum nexus detegitur, in artem ſignorum combinatoriam convertitur, conſtanter eandem & principiis paucis ac manifeſtis ſuperſtructam. Illud autem prorſus mirabile exiſtit, ope analyſeos unica ſæpius linea tot veritates exprimi, quas juxta communem methodum exponendas ac demonſtrandas volumina integra non caperent.

Hinc

Digitized by Google

ELEMENTA ANALYSEOS MATHEMATICÆ.

Pars I.
ELEMENTA ANALYSEOS FINITORUM TRADIT.

Sectio I.
De ARITHMETICA SPECIOSA.

CAPUT I.
De ARITHMETICA RATIONALIUM.

DEFINITIO 1.

1.

A *Nalyſis Mathematica* eſt methodus reſolvendi problemata mathematica.

DEFINITIO 2.

2. *Arithmetica ſpecioſa* eſt, quæ computum quantitatum ſeu numerorum indeterminatorum docet. Vocatur etiam *Logiſtica ſpecioſa.*

HYPOTHESIS 1.

3. *Quantitatum datarum ſigna ſint literæ Alphabeti priores,* a, b, c, d &c. *quæſitarum poſtremæ* z, y, x &c. *Quantitates æquales eadem litera indigitentur.*

SCHOLION 1.

4. *Nempe cum quantitates datæ ac quæſita tanquam diſtincta intellectui repræſententur per diverſas notiones; eadem quoque tanquam diſtincta repræſentanda ſunt imaginationi per ſigna diverſa.*

SCHOLION 2.

5. *Nos* Carteſium *ſequimur in Geometria. Angli nonnulli exemplo* Harrioti

rioti *in Artis analyticæ praxi incognitas quantitates vocalibus; cognitas conſonantibus deſignant.* Vieta *hujus logiſticæ inventor uſus eſt literis majoribus; qui eam primus perfecit* Harriotus *& ipſum ſecutus* Carteſius *literas minores ſubſtituerunt.*

HYPOTHESIS 2.

6. *Si quantitatum denominandarum quædam relationes mutuæ dantur, aut aliunde tanquam cognitæ ſupponi poſſunt; eas quoque in denominatione exprimi conſultum eſt.* E. gr. Si fuerint duæ quantitates quæſitæ, quarum una alterius tripla, & una vocetur x, major rectius dicetur $3x$, quam y. Similiter cum quantitas major ſit aggregatum ex ſemiſumma duarum quantitatum & earundem ſemidifferentia; minor vero differentia inter ſemiſummam & ſemidifferentiam earundem quantitatum (§. 39 *Trigonom.*); conſultum ſæpius eſt, ut ſemiſumma dicatur x & ſemidifferentia y, atque hinc quantitas major $x + y$, minor $x - y$, quam ut ipſa major x & minor y vocetur.

SCHOLION.

7. *Quinam fructus ex commoda quantitatum denominatione exſpectandi, ex ſubſequentibus patebit. Breviatur calculus idemque facilitatur; reſolutiones problematum ſæpe magis genuinæ inveniuntur. Alii ſuo loco ſeſe offerent. Plura circa denominationem moneri poſſent, niſi conſultius judicaremus ea per exemplum, quam per præcepta doceri.*

HYPOTHESIS 3.

8. *Signa operationum arithmeticarum retineantur, quæ in Arithmetica communi tradidimus* (§. 63. 65. 68. 71. 254. 295.), *niſi quod quantitates ſe mutuo dividentes, ubi commodum fuerit, inſtar fractionum ſcribantur.*

E. gr. $\frac{a}{b} = a : b$; $\frac{3}{4} = 3 : 4$.

SCHOLION.

9. *Vulgo multiplicationis ſignum eſt* X. *E. gr.* ab *ſcribitur* a X b. *Sed cum hoc ſignum facile cum litera* x *a typothetis confundatur; uſus ejus merito improbatur.*

HYPOTHESIS 4.

10. *Si vel unus, vel ambo factores ex pluribus literis componuntur; compoſiti parentheſi ( ) includuntur.* E. gr. factum ex $a + b - c$ in d ita ſcribitur: $(a + b - c) d$. Similiter factum ex $a + b - c$ in $d - g$ hunc in modum: $(a + b - c)(d - g)$.

SCHOLION.

11. *Vulgo hæc facta ita ſcribunt:* $d \times \overline{a + b - c}$ & $\overline{a + b - c} \times \overline{d - g}$. *Sed cum hæc ſcriptio typothetis moleſtias creet, inprimis ſi ex alio capite linearum ſupra literas ducendarum numerus multiplicatur, ſignis Leibnitianis utendum eſſe judicamus, quæ non inutiliter*

in Actis

in actis Eruditorum Lipſienſibus uſurpantur & ab admodum R. P. Guidone Grando (a) *in Italia primum introducta.*

HYPOTHESIS 5.

12. *Si quantitatum ſe mutuo dividentium una, vel ambæ ex literis pluribus componuntur; ſigno parentheſeos ( ) ſimiliter utimur, niſi circumſtantiæ ſingulares ſuadeant, eas fractionum inſtar ſcribi.* E. gr. Quotus ex $a+b$ per c ita ſcribitur; $(a+b):c$. Quotus vero ex $a+b$ per $c-d$ ita exprimitur; $(a+b):(c-d)$. Similiter $a:(a+b)$ deſignat quotum ipſius a per $a+b$ diviſi. Iidem quoti communiter ita ſcribuntur: $\frac{a+b}{c}$, $\frac{a+b}{c-d}$, $\frac{a}{a+b}$

HYPOTHESIS 6.

13. *Exponentes indeterminati tam rationum, quam dignitatum indicentur per m, n, r, s, t &c.* E. gr. x^m, y^m, z^r &c. deſignant potentias indeterminatas diverſi generis (§. 254 *Arithm.*); mx, ny, rz multipla vel ſubmultipla diverſa quantitatum x, y, z, prout m, n, r vel numeros integros, vel fractos deſignant (§. 136 *Arithm.*).

HYPOTHESIS 7.

14. *Si radix ex pluribus literis componitur, parentheſi includitur & exponens ipſi ſuffigitur, ut ante.* E. gr. $(a+b-c)^2$ deſignat quadratum ex $a+b-c$; $(a+b-c)^m$ potentiam quamlibet ſeu indeterminatam ipſius $a+b-c$.

SCHOLION.

15. *Communiter ita ſcribunt:* $\overline{a+b-c}^{\,2}$, $\overline{a+b-c}^{\,n}$.

DEFINITIO 3.

16. *Quantitas* ſigno $+$ affecta dicitur *poſitiva*, item *affirmativa* atque *nihilo major*: quæ vero ſigno $-$ afficitur, *privativa*, item *negativa* atque *nihilo minor*, a nonnullis *abſurda*.

COROLLARIUM 1.

17. Quoniam $+$ eſt ſignum additionis (§. 63 *Arithm.*); $-$ vero ſignum ſubtractionis (§. 65 *Arithm.*): quantitas poſitiva prodit, ſi vera aliqua nihilo additur, e. gr. $0+3=+3$, $0+a=+a$; privativa relinquitur, ſi quantitas aliqua vera ex nihilo ſubtrahitur, e. gr. $0-3=-3$, $0-a=-a$.

SCHOLION.

18. *Ponamus, te habere nummorum nihil tibique donari* 100: *habebis ergo* 100 *nummos, adeoque plus nihilo. Plus nempe habes quam ante. Hi nummi quantitatem poſitivam conſtituunt. Ponamus e contrario, te nihil habentem ſolvere debere* 100 *nummos;* 100 *ergo nummorum debitum contrahes, adeoque, antequam ſolutio fiat, minus nihilo habebis. Solvendi enim ſunt* 100 *nummi, ut nihil habeas. Hoc debitum quantitas*

(a) in Quadratura circuli & Hyperbolæ part. 2. p. m. 58.

Digitized by Google

tas negativa eſt. Notandum vero quantitates poſitivas initio vel ſolitarie poſitas ſigno nullo affici. Cur vero poſitivæ dicantur nihilo majores, negativæ nihilo minores; ex corollario patet.

COROLLARIUM 2.

19. Sunt adeo quantitates privativæ verarum, per quas intelliguntur, defectus; conſequenter non quantitates veræ.

SCHOLION 2.

20. *Defectum per eam quantitatem metimur, quæ deficit, & ſic intelligibilis evadit.*

COROLLARIUM 3.

21. Si reſiduo additur, quod fuerat ablatum, ea prodit quantitas, ex qua ſubtractio facta (§. 106 *Arithm.*). Ergo $-a+a=0$, $-3+3=0$ (*§.* 17), hoc eſt, $-a$ & $+a$, itemque -3 & $+3$ ſe mutuo deſtruunt.

COROLLARIUM 4.

22. Quoniam defectus unus alterum excedere poteſt (e. gr. ſi 7 deficiunt, plura deſunt, quam ubi 3 deficiunt), quantitates vero privativæ ſunt verarum defectus (*§.* 19); ideo quantitas una privativa aliquoties ſumta alteram ſuperare poteſt. Quamobrem quantitates privativæ inter ſe homogeneæ ſunt (§. 32 *Arithm.*).

COROLLARIUM 5.

23. Sed quia defectus poſitivæ quantitatis aliquoties ſumtus poſitivam ſuperare nequit, cum potius multo magis ab ea deficiat (*§.* 17); quantitates privativæ poſitivis heterogeneæ ſunt (*§.* 32 *Arithm.*).

COROLLARIUM 6.

24. Cum adeo quantitates privativæ poſitivis heterogeneæ (*§.* 23), privativis homogeneæ ſint, (*§.* 22); inter privativam & poſitivam ratio intercedere nequit, inter privativas vero ratio datur (*§.* 126 *Arithm.*). E. gr. $-3a : -5a = 3 : 5$.

SCHOLION 3.

25. *Non mirum videri debet inter quantitates privativas* $-3a$ & $-5a$ *eandem eſſe rationem, quæ eſt inter poſitivas* $+3a$ & $+5a$. *Quod enim quantitates quatuor, quarum bina binis heterogenea ſunt, proportionales eſſe poſſint, tum ex rationum doctrina intelligitur, tum ex Geometria manifeſtum eſt, in qua eandem rationem inter lineas eſſe demonſtravimus, quæ inter ſuperficies datur.* E. gr. *Parallelogramma æqualium baſium rationem altitudinum habent* (*§.* 389 Geom.) *& in praxi regula trium pretia ſumuntur ut mercium quantitates, licet pretia mercibus heterogenea ſint. Falluntur autem, qui inter* 1 & -1 *atque inter* -1 & 1 *rationem eandem eſſe ſibi perſuadent* (§. 24).

THEOREMA 1.

26. *Quantitas quælibet pro unitate aſſumi poteſt.*

DEMONSTRATIO.

Quantitas enim quælibet in ſe una eſt (*§.* 3 *Arithm.*), nec ad aliam determinatam tanquam ad unitatem jam refertur (§. 13 *Arithm.*). Ergo ipſa pro unitate aſſumi

Digitized by Google

aſſumi poteſt (§. 4 *Arithm.*). *Q. e. d.*

PROBLEMA I.

27. *Quantitates tam eodem, quam diverſis ſignis affectas addere.*

RESOLUTIO.

1. Si quantitates eadem litera notatæ eodem ſigno afficiuntur; numeri iis præfixi adduntur ut in Arithmetica communi.
2. Si ſignis diverſis afficiuntur, additio mutatur in ſubtractionem & reſiduo præfigitur ſignum majoris.
3. Quantitates diverſis literis notatæ junguntur mediante ſigno + (§. 3).

$4a + 2b - 2c - 5d - g$	$a - b$
$5a - 2b + 6c + 2d - 3g$	c
$9a + 4c - 3d - 4g.$	$a - b + c$

DEMONSTRATIO.

Cum litera quælibet, qua quantitas aliqua indigitatur, pro unitate aſſumi poſſit (§. 26); erit $a + a + a + a = 4a$, conſequenter $4a + 5a = 9a$ (§. 96 *Arithm.*). Eodem modo patet eſſe $-g - 3g = -4g$. *Quod erat unum.*

Quoniam $6c = 4c + 2c$, *per demonſt.* erit $6c - 2c = 4c + 2c - 2c$ (§. 91 *Arithm.*). Sed $2c - 2c = 0$ (§. 21). Ergo $6c - 2c = 4c$. Similiter $-5d = -3d - 2d$, *per demonſtr.* Sed $-5d + 2d = -3d - 2d + 2d$ (§. 88 *Arithm.*) & $-2d + 2d = 0$ (§. 21). Ergo $-5d + 2d = -3d$. *Quod erat alterum.*

Tertium per ſe patet (§. 8).

SCHOLION.

28. *Ut hic calculus facilius intelligatur, ponamus* a *denotare thalerum,* b *groſſum,* c *nummum; habebimus*

$7a - 9b + 5c =$	7 th.	− 9 gr.	+ 5 num.
$3a + 5b - 9c =$	3	+ 5	− 9
$10a - 4b - 4c =$	10 th.	− 4 gr.	− 4 num.

Atque per idem exemplum facilius quoque capitur ratio, cur in caſu diverſitatis ſignorum additio in ſubtractionem mutetur & reſiduo ſignum majoris quantitatis relinquatur. Nimirum in ſumma 10 thalerorum deficiunt 9 groſſi: quamobrem ſi quinque addantur, defectus minuitur & ad 4 reducitur. Quoniam vero non 5 groſſi integri, ſed demtis 9 nummis, ſumma adjiciendi, ſumma 10 th. − 4 gr. *excedit genuinam 9 nummis, qui adeo auferendi. Jam cum in numero ſuperiori, cui inferior additur, occurrant 5 nummi, hi quidem actu auferri poſſunt: qui vero adhuc deſiderantur 4, tanquam defectus notandi. Et hac quidem ratione regula a primo inventore detecta.*

THEOREMA 2.

29. *In ſubtractione quantitatum com-*

compoſitarum ſigna ſubtrahendæ mutantur in contraria, nempe $+$ *in* $-$ *&* $-$ *in* $+$.

DEMONSTRATIO.

Si $c+d$ fuerit ſubtrahenda ex $a+b$; differentiam eſſe debere $a+b-c-d$, adeoque ſigna $+$ in quantitate ſubtrahenda in $-$ mutari, ex hypoth. 3 (§. 8) patet. Sed ſi $c-d$ ſubtrahenda ex $a+b$ & integrum c ſubtrahitur, quantitas major ſubducta, quam fieri debebat. Ergo quod plus juſto ſubtractum eſt d, iterum addendum. Prodit ergo $a+b-c+d$. *Q. e. d.*

PROBLEMA 2.

30. *Quantitates tam eodem, quam diverſis ſignis affectas a ſe invicem ſubtrahere.*

RESOLUTIO.

1. Si quantitates eadem litera notatæ ſigna eadem habent & minor e major e ſubtrahenda; ſubtractio ut in Arithmetica communi (§. 103 *Arithm.*) abſolvitur.
2. Si vero major e minori ſubducenda; contraria ratione minor e majore ſubtrahitur & reſiduo præfigitur ſignum $-$, ſi quantitates ſigno $+$ afficiuntur; ſignum vero $+$, ſi ſigno $-$ gaudent.
3. Si quantitates diverſa ſigna habent; in additionem mutatur ſubtractio & aggregato præfigitur ſignum ejus quantitatis, ex qua ſubtractio facta eſt.
4. Si quantitates diverſis literis notatæ, ſigna ſubtrahendæ tantum in contraria mutantur.

$$\begin{array}{l} 8a-5c+9d = 8\ \text{th.} - 5\ \text{gr.} + 9\ \text{num.} \\ 6a-8c-7d = 6 \quad -8 \quad -7 \\ \hline 2a+3c+16d = 2\ \text{th.} + 3\ \text{gr.} + 16\ \text{num.} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 9b+15c-7d+8e-f \\ 6b+20c-9d-9e+7f \\ \hline 3b-5c+2d+17e-8f \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} a+b-c & a+d \\ d-e+f & c-e-g \\ \hline a+b-c-d+e-f & a+d-c+e+g \end{array}$$

DEMONSTRATIO.

Cum quantitates eadem litera notatæ ſint vel unitates eædem, vel ejusdem unitatis multiplæ aut ſubmultiplæ (§. 26); erit $8a-6a=2a$ (§. 35. 103 *Arithm.*). *Quod erat unum.*

Si quantitas major $20c-9d$ ex minore $15c-7d$ ſubtrahenda; erit reſiduum $15c-7d-20c+9d$ (§. 29). Sed $15c-20c=-5c$ & $-7d+9d=2d$ (§. 27). Ergo $15c-7d-20c+9d=-5c+2d$. *Quod erat alterum.*

Si

Digitized by Google

Si $-9e+7f$ ſubtrahi debent ex $8e-f$: erit reſiduum $8e-f+9e-7f$ (§. 29). Sed $-f-7f=-8f$ & $8e+9e=17e$ (§. 27). Ergo $8e-f+9e-7f=17e-8f$. *Quod erat tertium.*

Quartum patet per theor. 2. (§. 29).

Aliter.

1. Signa quantitatis ſubtrahendæ mutentur in contraria (§. 29): quo facto
2. Additio fiat (§. 27) ſeu, quæ ſe mutuo deſtruunt, deleantur.

E. gr. ex $9b+15c-7d+8e-f$ ſubtrahi debet $6b+20c-9d-9e+f$ fiat (§. 29) $=-6b-20c+9d+9e-f$; erit (§. 27) reſiduum $3b-5c+2d+17e-8f$. Nimirum $+6b-6b$, $+15c-15c$, $-7d+7d$, ſe mutuo deſtruunt (§. 21).

SCHOLION.

31. *Mirum videri poterat, quod cum quantitates privativa poſitivis heterogenea ſint (§. 23), heterogenea autem nec addi* (§. 61 Arithm.), *nec a ſe invicem ſubtrahi poſſint* (§. 64 Arithm.), *privativa tamen poſitivis addantur & ab iis ſubtrahantur. Enimvero rem curatius perpendens animadvertes proprie loquendo, privativam nunquam addi poſitiva, nec ab eadem ſubtrahi: ſed in additione ſubtrahi, quod plus juſto fuerat additum* (§. 27); *in ſubtractione addi, quod plus juſto fuerat ſubductum* (§. 30).

THEOREMA 3.

32. *Si quantitas poſitiva per poſitivam multiplicetur aut dividatur, in utroque caſu quantitas prodit poſitiva.*

DEMONSTRATIO.

Eſt enim in multiplicatione ut unitas ad factorem unum, ita alter ad productum (§. 66 *Arithm.*). Sed uterque factor eſt poſitivus, *per hyoth.* Ergo & factum poſitivum eſſe debet (§. 24). *Quod erat unum.*

Si $+a$ ducitur in $+b$, factum eſt $+ab$, *per demonſtr.* Ergo ſi $+ab$ dividitur per $+a$, quotus erit $+b$; ſi per $+b$, quotus $+a$ (§. 210 *Arithm.*). *Quod erat alterum.*

THEOREMA 4.

33. *Si quantitas negativa per poſitivam multiplicetur aut dividatur, in utroque caſu quantitas prodit negativa.*

DEMONSTRATIO.

Multiplicare idem eſt ac quantitatem aliquam aliquoties ſibimetipſi addere (§. 67 *Arithm.*).

Eſt

Eſt vero ſumma quantitatum negativarum negativa (§. 27). Ergo factum ex negativa in poſitivam negativum eſt. *Quod erat unum.*

Factum ex — *a* in + *b* eſt — *a b* *per demonſtr.* Ergo ſi — *a b* dividitur per + *b*, quotus eſt — *a* (§. 210 *Arithm.*). *Quod erat alterum.*

THEOREMA 5.

34. *Si quantitas negativa per negativam multiplicetur aut dividatur, quantitas poſitiva prodit.*

DEMONSTRATIO.

Quantitas privativa per privativam proprie loquendo multiplicari nequit (§. 66 *Arithm.*): id quod ipſa notio quantitatis privativæ inſinuat (§. 19), utpote quæ repugnat actui poſitivo, qualis eſt iterata ejusdem quantitatis additio, in qua multiplicatio conſiſtit (§. 67 *Arithm.*). Quare hæc multiplicatio proprie tantum locum habet, ubi privativæ poſitivis junguntur, ita ut addi rurſus debeat, quod plus juſto fuerat ſubtractum: id quod evidentiſſime ita demonſtramus.

Sit ACDB parallelogrammum rectangulum & in eo AC = *a*, CD = *b*. Ducatur EF ipſi CD parallela (§. 258 *Geom.*); erit ob rectos ad E & F (230 *Geom.*) & EF = AB, itemque AE = BF (§. 238 *Geom.*), ABFE rectangulum (§. 100 *Geom.*). Eodem modo oſtenditur, ducta HG ipſi BD parallela; fore GHBD & BHIF, conſequenter AEIH rectangula. Sit ergo AE = *c*, GD = *d*: erit EC = *a* — *c*, CG = *b* — *d*, atque hinc ACDB = *ab*, AEIH = *bc* — *dc* & HGDB = *ad* (§. 375 *Geom.* & §. 33 *Analyſ.*). Quodſi areas rectangulorum AI, & HD ſubtrahas ab area rectanguli AD; relinquitur area rectanguli ECGI, hoc eſt, factum ex *a* — *c* in *b* — *d* (§. 375 *Geom.*). Reperitur adeo (*a* — *c*) (*b* — *d*) = *ab* — *ad* — *bc* + *cd* (§. 30. Unde apparet, factum ex — *c* in — *d* eſſe + *cd*. *Quod erat unum.* Tab. I. Fig. 1.

In diviſione quærimus, quoties quantitas una in altera contineatur (§. 69 *Arithm.*). Diviſurus ergo quantitatem privativam per privativam quærit, quoties defectus unus in altero contineatur (§. 19): quotus adeo qui idem indicat (§. 69 *Arithm.*), utique quantitas poſitiva eſſe debet. *Quod erat alterum.*

SCHOLION.

35. *Poſſunt etiam theorema 3 & 4 ope rectanguli demonſtrari.*

THE-

Digitized by Google

THEOREMA 6.

36. *Si quantitas poſitiva per negativam multiplicatur aut dividitur, quantitas privativa prodit.*

DEMONSTRATIO.

Cum in multiplicatione quantitas multiplicanda toties ſibimetipſi addatur, quoties multiplicans unitatem continet (§. 66 *Arithm.*); quantitas vero privativa ſit defectus alicujus quantitatis (§. 19): proprie loquendo poſitiva per privativam multiplicari nequit. Hinc denuo multiplicatio tantum locum habet, ubi privativæ poſitivis junguntur, ita ut ſubtrahatur, quod plus juſto fuit additum: id quod ita demonſtramus.

Tab. I. Fig. 2. Sint LMON & PMOQ rectangula & in iis $NO = a$, $MO = b$, $QO = c$, erit $NQ = a - c$, area $PQOM = bc$, $LNOM = ab$, (§. 368 *Geom.*), conſequenter $LNQP = b(a - c) = ab - bc$. Ergo b ductum in $-c$ efficit $-bc$. *Quod erat unum.*

Factum ex $-c$ in $-d$ eſt $+cd$ (§. 34). Ergo ſi $+cd$ dividis per $-c$, quotus eſſe debet $-d$ (§. 210 *Arithm.*). *Quod erat alterum.*

THEOREMA 7.

37. *In multiplicatione ac diviſione eadem ſigna efficiunt $+$, diverſa $-$.* (*Wolfii Math. Tom. I.*)

DEMONSTRATIO.

Si quantitates ſe mutuo multiplicantes aut dividentes fuerint poſitivæ vel privativæ; quantitas prodit in utroque caſu poſitiva (§. 32. 34): ſi vero altera privativa, altera poſitiva, quantitas prodit privativa (§. 33. 36). Ergo eadem ſigna efficiunt $+$, diverſa $-$. *Q. e. d.*

PROBLEMA 3.

38. *Quantitates tam eodem, quam diverſis ſignis affectas in ſe invicem ducere.*

RESOLUTIO.

Omnia hic fiunt ut in Arithmetica communi (§. 111 *Arithm.*), niſi quod notetur regula: *eadem ſigna faciunt* $+$; *diverſa* $-$ (§. 37).

$$\begin{array}{l}
a + c \\
b + d \\
\hline
+ ad + cd \\
ab + bc \\
\hline
ab + ad + bc + cd
\end{array}
\qquad
\begin{array}{l}
a + b - d \\
a - b - d \\
\hline
- ad - bd + dd \\
- ab - bb + bd \\
aa + ab - ad \\
\hline
aa - bb - 2ad + dd
\end{array}$$

$$\begin{array}{r}
10 = 8 + 4 - 2 \\
2 = 8 - 4 - 2 \\
\hline
-16 - 8 + 4 \\
-32 - 16 + 8 \\
64 + 32 - 16 \\
\hline
20 = 68 - 48
\end{array}$$

 Item

Item $\begin{array}{r} 8=10-2 \\ 7=10-3 \\ \hline -30+6 \\ 100-20 \\ \hline 56=100-50+6 \\ =50+6 \end{array}$

SCHOLION.

39. *Exemplum poſterius demonſtrationem exhibet ocularem multiplicationis per digitos. Nimirum 2 & 3 ſunt diſtantia factorum a denario per digitos in utraque manu erectos repræſentari ſolita; quod relinquitur, factis ex diſtantiis iſtis in denarium a 100 ſubductis, indicatur digitis reſiduis in utraque manu &, ut ab erectis diſtinguantur, depreſſis, ſingulis nempe pro totidem denariis ſumtis. Ita in noſtro caſu in altera manu deprimuntur digiti 2, in altera 3, ſimul 5, adeoque quinque numerantur decades. Summa adjicitur factum ex digitis in utraque manu erectis in ſe invicem.*

PROBLEMA 4.

40. *Quantitates compoſitas dividere.*

RESOLUTIO.

Si quantitas una per alteram actu dividi poteſt, orta nempe ex diviſore in aliam (§. 210 *Arithm.*); diviſio inſtituitur ut in numeris (§. 117 *Arithm.*), notata tamen regula: *eadem ſigna faciunt* $+$, *diverſa* $-$ (§. 37).

In aliis caſibus tantum obſervanda, quæ ſupra præcepimus (§. 8).

E. gr. dividere jubemur $aa - bb - 2ad + dd$ per $a - b - d$.

$$\begin{array}{l} a-b-d)\ aa-bb-2ad+dd\ (a+b-d \\ \quad aa-ab-ad \\ \hline \quad +ab-bb-ad+dd \\ \quad +ab-bb-bd \\ \hline \quad +bd-ad+dd \\ \quad -ad+bd+dd \\ \hline \quad * \quad * \end{array}$$

PROBLEMA 5.

41. *Fractionem fractioni addere, aut unam ex altera ſubtrahere.*

RESOLUTIO.

Omnia hic fiunt ut in Arithmetica communi (§. 236. 237. *Arithm.*).

E. gr. Sint fractiones addendæ $\frac{a}{b}$ & $\frac{c}{d}$. Reductæ ad eandem denominationem erunt $\frac{ad}{bd}$ & $\frac{bc}{bd}$, (§. 235 *Arithm.*). Ergo ſumma $\frac{ad+bc}{bd}$ (§. 27).

Similiter ſit fractio $\frac{a}{b}$ ſubtrahenda

ex $\frac{c}{d}$ Reductæ erunt $\frac{ad}{bd}$ & $\frac{bc}{bd}$, ut ante.

Ergo differentia $\frac{bc - ad}{bd}$ (§ 30).

PROBLEMA 6.

42. *Fractionem per fractionem multiplicare aut dividere.*

RESOLUTIO.

Denuo hic omnia fiunt ut in Arithmetica communi (§.239.243 *Arithm.*).

E. gr. Sint fractiones ſe mutuo multiplicaturæ $\frac{a}{b}$ & $\frac{c}{d}$: erit factum $\frac{ac}{bd}$.

Sint fractiones ſe mutuo diviſuræ $\frac{ac}{db}$ & $\frac{a}{b}$; erit quotus $\frac{ac}{bd}$. $\frac{b}{a} = \frac{acb}{abd}$ $= \frac{c}{d}$ (§.231 *Arithm.*).

COROLLARIUM 1.

43. Cum $a = \frac{a}{1}$ (§. 59 *Arithm.*); erit factum ex a in $\frac{c}{d}$, hoc eſt, ex integra quantitate in fractam, $\frac{c}{d}$. $\frac{a}{1} = \frac{ac}{d}$.

Unde patet, numeratorem fractæ multiplicandum eſſe per integram, ſi fractio per integrum multiplicari debet: quemadmodum fit in Arithmetica communi (§. 242 *Arithm.*).

COROLLARIUM 2.

44. Ergo quotus ex $\frac{c}{d}$ per a, hoc eſt, ex quantitate fracta per integram diviſa, $\frac{c}{d}$. $\frac{1}{a} = \frac{c}{ad}$. Unde patet, denominatorem dividendi mulplicandum eſſe per diviſorem & factum ſubſcribendum numeratori immutato, ſi fractio per integrum dividenda.

PROBLEMA 7.

45. *Quantitatem quamcunque per diviſorem compoſitum dividere, utut diviſionem exactam non admittat.*

RESOLUTIO.

Diviſio inſtituatur ut in Arithmetica communi (§. 117 *Arithm.*), tamdiu continuanda, donec quotus legem manifeſtet, juxta quam termini ejus in infinitum progrediuntur, obſervata ſubtractionis, itemque multiplicationis ac diviſionis lege de ſignorum mutatione (§. 29. 37).

E. gr. Sit quantitas dividenda b, dividens $a + c$, erit:

$$a+c\ )\ b\ \left(\frac{b}{a}-\frac{bc}{a^2}+\frac{bc^2}{a^3}-\frac{bc^3}{a^4}\text{ \&c. in infin.}\right.$$

$$b+\frac{bc}{a}$$

$$\overline{-\frac{bc}{a}}$$

$$-\frac{bc}{a}-\frac{bc^2}{a^2}$$

$$\overline{+\frac{bc^2}{a^2}}$$

$$+\frac{bc^2}{a^2}+\frac{bc^3}{a^3}$$

$$\overline{-\frac{bc^3}{a^3}\text{ \&c. in infinitum.}}$$

Nimirum ſi b per a dividitur, quotus eſt $\frac{b}{a}$ (§. 8). Factum ex $\frac{b}{a}$ in $a + c$ eſt $\frac{ab}{a} + \frac{bc}{a}$ (§. 43), hoc eſt, $b + \frac{bc}{a}$ (§. 223 *Arithm.*): quod ex dividenda b ſubductum relinquit $\frac{bc}{a}$ (§. 29). Si porro $\frac{bc}{a}$ per a dividitur, erit quotus $-\frac{bc}{a^2}$ (§. 44). Factum ergo ex $a + c$ in $-\frac{bc}{a^2}$, hoc eſt, $-\frac{abc}{a^2} - \frac{bc^2}{a^2}$ (§. 43. 37), ſeu $-\frac{bc}{a} - \frac{bc^2}{a^2}$ (§. 223 *Arithm.*), ex dividenda $-\frac{bc}{a}$ ſubtractum relinquit $+\frac{bc^2}{a^2}$ (§. 29). Unde patet, quomodo diviſio continuanda. Inventis autem vel quinque terminis, tum quotus, tum ipſa diviſionis ratio inſinuat, quotum conſtare ex infinita terminorum ſerie, quorum numeratores ſunt potentiæ ipſius c, quarum exponentes a numero ordinis unitate differunt, per b multiplicatæ; denominatores vero potentiæ ipſius a, quarum exponentes æquantur numero ordinis terminorum. E. gr. in termino tertio potentia ipſius c in numeratore ſecunda eſt, potentia vero ipſius a in denominatore tertia.

COROLLARIUM 1.

46. Si $b = 1$ & $a = 1$, ſubſtituto valore hoc in quoto, prodit $1 - c + c^2 - c^3$ &c. in infin. Quare $\frac{1}{1+c} = 1 - c + c^2 - c^3$ &c. in infin.

COROLLARIUM 2.

47. Quodſi termini in quoto continuo decreſcant, ſeries dat quotum vero quantumlibet propinquum. E. gr. ſi $b = 1$, $c = 1$ & $a = 2$; valoribus his ſubſtitutis in ſerie generali, aut diviſione ut in exemplo univerſali inſtituta, repe-

reperietur $\frac{1}{3}=\frac{1}{2+1}=\frac{1}{2}-\frac{1}{4}+\frac{1}{8}-\frac{1}{16}+\frac{1}{32}-\frac{1}{64}+\frac{1}{128}$ &c. Ponamus jam ſeriem terminari in termino quarto; in defectu quidem peccabitur, ſed qui minor quam $\frac{1}{32}$. Si eadem terminetur in ſexto; denuo peccabitur in defectu, ſed qui minor $\frac{1}{128}$. Series igitur quo longius continuatur, eo propius ad verum quotum accedit.

SCHOLION.

48. *Similiter invenietur* $\frac{1}{4}=\frac{1}{3+1}=\frac{1}{3}-\frac{1}{9}+\frac{1}{27}-\frac{1}{81}+\frac{1}{243}$ &c. in infin. $\frac{1}{5}=\frac{1}{4+1}=\frac{1}{4}-\frac{1}{16}+\frac{1}{64}-\frac{1}{256}$ &c. in infin. $\frac{1}{6}=\frac{1}{5+1}=\frac{1}{5}-\frac{1}{25}+\frac{1}{125}-\frac{1}{625}$ &c. in infin. *En legem conſtantem, juxta quam omnes fractiones, quarum numerator unitas, per ſeries infinitorum terminorum exprimere licet. Sunt nempe illæ ſeries progreſſiones geometricæ decreſcentes, ita quidem ut numerator ſemper ſit unitas, denominator termini primi idemque exponens rationis unitate differat a denominatore fractionis reſolvendæ.*

COROLLARIUM 3.

49. Si termini in quoto continuo creſcunt, ſeries a quoto tanto magis diſcedit, quo longius continuatur, nec quoto æqualis fit, niſi terminetur ultimumque reſiduum ſub ſigno ſuo adjiciatur. E. gr. Sit $\frac{1}{3}=\frac{1}{1+2}$; reperietur quotus $1-2+4-8+16-64+128$ &c. Terminus unus 1 ſuperat $\frac{1}{3}$ exceſſu $\frac{2}{3}$: termini duo deficiunt $\frac{4}{3}$. Termini tres excedunt $+\frac{8}{3}$, quatuor deficiunt $\frac{16}{3}$. Et ita porro. Ponamus ſeriem terminari in -8; erit $\frac{1}{1+2}=1-2+4-8+\frac{16}{3}$. Sed $1-2+4-8=-5=-\frac{15}{3}$. Ergo $\frac{1}{1+2}=\frac{16}{3}-\frac{15}{3}=\frac{1}{3}$. Similiter ſi ſit $\frac{1}{2}=\frac{1}{1+1}$; reperietur quotus $1-1+1-1+1-1$ &c. ubi termini numero pares $=0$ deficiunt continuo $\frac{1}{2}$; termini autem numero impares conficiunt 1, conſequenter exceſſus $=\frac{1}{2}$. Ergo $\frac{1}{1+1}=1-\frac{1}{2}$, vel $=0+\frac{1}{2}$. Ponamus ſeriem univerſalem (§. 46) terminari in $-c^3$: erit $\frac{1}{1+c}=1-c+c^2-c^3+\frac{c^2}{1+c}=\frac{1+c-c-c^2+c^2+c^3\quad c^3\quad c^4+c^4}{1+c}$

(§. 235 *Arithm.*) $=\frac{1}{1+c}$ (§. 21).

 SCHO-

SCHOLION 1.

50. *Tyrones hoc problema cum ſuis corollariis ſub initium prætermittere poſſunt, donec inferius ad illud provocetur.*

SCHOLION 2.

51. *Quoniam ſi* $\frac{1}{2} = \frac{1}{1+1}$ *in ſeriem reſolvitur, quotus a fractione propoſita, quantumlibet continuatus, continuo differt* $\frac{1}{2}$ (*§.* 49), *reſolutio in præſenti caſu irrita evadit. Unde patet fons erroris, quem commiſit* Guido Grandus *in Tractatu de quadratura circuli & hyperbolæ cor.* 3. *prop.* 7. *part.* 1. *p m.* 29, *ubi infert ob* $1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1$ &c. *in infinitum* = 0 *ſummam infinitarum nullitatum eſſe* $\frac{1}{2}$. *Nec veritatem attigiſſe liquet* Leibnitium *in Actis Eruditorum Tom.* 5. *Supplement. p.* 264. *& ſeqq.*

DEFINITIO 4.

52. Series *quæ ad verum valorem continuo appropinquant*, *dicuntur* convergentes: *quæ ab eodem continuo recedunt*, divergentes.

COROLLARIUM 1.

53. Ergo ſeries fractionum continuo decreſcentium (§. 47. 48) ſunt convergentes: ceteræ vero, quarum termini continuo creſcunt (§. 49), divergentes.

PROBLEMA 8.

54. *Potentiam quamcunque per aliam ejuſdem radicis multiplicare vel dividere.*

RESOLUTIO.

I. In multiplicatione addantur exponentes, ſumma eſt exponens facti.

$$\begin{array}{ccccc} x^3 & y^m & y^m & a^m & x^n \\ x^4 & y^m & y^n & a^r & x^s \\ \hline x^7 & y^{2m} & y^{m+n} & a^{m+r} & x^{n+s} \end{array}$$

II. In diviſione exponens dignitatis dividentis ſubtrahatur ab exponente dividendæ; reſiduum eſt exponens quoti.

$$\frac{x^7}{x^4}\left(x^3 \quad \frac{y^{m+n}}{y^n}\left(y^m \quad \frac{a^m x^n}{a^r x^s}\left(a^{m-r} x^{n-s}\right.\right.\right.$$

DEMONSTRATIO.

Cum exponentes dignitatum in progreſſione Arithmetica (*§.* 251 333 *Arithm.*), dignitates in Geometrica (§. 250. 332 *Arithm.*) progrediantur; illi pro harum Logarithmis recte habentur (§. 334 *Arithm.*). Ergo ſumma exponentium, quos habent dignitates ſe mutuo multiplicantes, eſt exponens facti (§. 337 *Arithm.*); differentia exponentium, quos habent dignitates ſe mutuo dividentes, eſt exponens quoti (§. 343 *Arithm.*). *Q. e. d.*

SCHO-

Digitized by Google

SCHOLION.

55. *Progreſſiones iſtæ ha ſunt:*

$x^0.\ x^1.\ x^2.\ x^3.\ x^4.\ x^5.\ x^6.\ x^7$ &c.

$0.\ 1.\ 2.\ 3.\ 4.\ 5.\ 6.\ 7$ &c.

Nempe $x : x = x^1 : x^1 = x^0$ (§. 54). *Sed* $x : x = 1$ (§. 69 Arithm.). *Ergo* $x^0 = 1$ (§. 87 Arithm.).

PROBLEMA 9.

56. *Potentiam quamcunque datam ad aliam dati exponentis evehere, aut ex eadem dati ſimiliter exponentis radicem extrahere.*

RESOLUTIO.

I. Quoniam potentia data intuitu ejus, ad quam evehenda, radix eſt (§.246 *Arithm.*) & exponentes logarithmi dignitatum exiſtunt *per demonſtr. in probl. præc.* (§.54): exponens potentiæ novæ habebitur, potentiæ datæ exponente in exponentem ejus, ad quam evehi debet, ducto (§.341 *Arithm.*).

E. gr. Potentia x^m evecta ad dignitatem n eſt x^{mn}. Potentia y^3 evecta ad dignitatem 2 eſt y^6.

II. Non abſimili modo liquet, Exponentem radicis haberi, ſi exponens dignitatis datæ dividatur per exponentem radicis datum (§.341 *Arithm.*).

E. gr. Radix quadrata ex x^6 eſt x^3: radix n ex x^{mn} eſt x^m: radix n ex x^m eſt $x^{m:n}$.

COROLLARIUM.

57. Eſt itaque $\sqrt{x} = x^{1:2}$, $\sqrt[3]{x} = x^{1:3}$, $\sqrt[n]{x^m} = x^{m:n}$ (§. 341 *Arithm.*), conſequenter quantitates irrationales ad expreſſionem rationalem reduci poſſunt.

SCHOLION.

58. *Quantum in Analyſi commodi afferat hæc reductio ex capite ſubſequente eluceſcet. Etenim ſi quantitates irrationales ad formam rationalium reducantur; peculiari pro iis calculo opus non eſt, ſed rationalium inſtar tractari poſſunt: quemadmodum primi docuerunt* Leibnitius *atque* Nevvtonus.

CAPUT II.

De ARITHMETICA IRRATIONALIUM.

PROBLEMA 10.

59. *Quantitates irrationales diverſæ denominationis reducere ad eandem.*

RESOLUTIO.

Sint quantitates reducendæ $\sqrt[m]{x^n}$ & $\sqrt[s]{y^r}$. Quoniam $\sqrt[m]{x^n} = x^{n:m}$ & $\sqrt[s]{y^r}$

Digitized by Google

& $\sqrt[s]{y^r} = y^{r:s}$ (§. 57) diverſitas denominationis ab exponentibus diverſis pendet, exponentes vero fractiones ſunt, quæ ad alias ipſis æquales, ſed ejusdem denominationis reduci poſſunt (§. 235 *Arithm.*). Ergo quantitates ſurdæ reducuntur ad eandem denominationem, exponentibus earundem ad eandem reductis. Erit adeo $x^{n:m} = x^{ns:ms}$ & $y^{r:s} = y^{mr:ms}$ ſeu $x^{n:m} = \sqrt[ms]{x^{ns}}$ & $y^{r:s} = \sqrt[ms]{y^{mr}}$ (§. 57).

E. gr. Sint quantitates reducendæ $\sqrt{2}$ & $\sqrt[3]{5}$. Quoniam $\sqrt{2} = 2^{1:2}$ & $\sqrt[3]{5} = 5^{1:3}$ (§. 57); erunt reductæ $2^{3:6}$ & $5^{2:6}$ (§. 235 *Arithm.*), hoc eſt, $\sqrt[6]{2^3}$ & $\sqrt[6]{5^2}$ (§. 57), ſeu, 2 actu ad potentiam tertiam & 5 ad ſecundam evehendo, $\sqrt[6]{8}$ & $\sqrt[6]{25}$.

SCHOLION.

60. *Quodſi quis ægre admiſerit reductionem ad eandem denominationem in exponentibus quantitatum irrationalium factam; is easdem formulas, quas ejus ope elicuimus, per algebram inveſtigare poteſt, quemadmodum inferius docebimus.*

PROBLEMA II.

61. *Quantitates irrationales ad ſimpliciorem expreſſionem reducere.*

RESOLUTIO.

Sit quantitas reducenda $\sqrt[m]{a^n x^m}$. Quoniam ea æqualis eſt ipſi $a^{n:m} x^{m:n}$ (§. 57) & $x^{m:m} = x$ (§. 56) erit $\sqrt[m]{a^n x^m} = a^{n:m} x = x \sqrt[m]{a^n}$. Locum ergo habet reductio, ſi quantitas ſub ſigno radicali per iſtiusmodi potentiam, quæ eundem cum radicali ſigno exponentem habet, diviſibilis. Diviſio nempe actu inſtituenda, quoto ſub ſigno radicali relicto & diviſoris radice eidem præfixa.

E. gr. Sit reducenda $\sqrt[3]{16} = \sqrt[3]{8.2}$. Quoniam 8 eſt cubus perfectus, cujus radix 2: habebimus $\sqrt[3]{16} = 2\sqrt[3]{2}$. Eodem modo reperitur $\sqrt[3]{24} = \sqrt[3]{8.3} = 2\sqrt[3]{3}$; $\sqrt{18} = \sqrt{9.2} = 3\sqrt{2}$; $\sqrt[4]{48} = \sqrt[4]{16.3} = 2\sqrt[4]{3}$.

COROLLARIUM I.

62. Si quantitates irrationales ejusdem gradus ad ſimpliciorem expreſſionem reductæ ſub ſignis radicalibus eandem quantitatem relinquant; erunt inter ſe ut quantitates rationales ſignis præfixæ (§. 178 *Arithm.*), conſequenter quantitates irrationales inter ſe commenſurabiles eſſe poſſunt (§. 160 *Arithm.*).

E. gr.

Digitized by Google

E. gr. $\sqrt{8} = \sqrt{4.2} = 2\sqrt{2}$ & $\sqrt{18} = \sqrt{9.2} = 3\sqrt{2}$. Ergo $2\sqrt{2} : 3\sqrt{2} = 2 : 3$, hoc eſt, $\sqrt{8} : \sqrt{18} = 2 : 3$. In caſu reliquo ſunt incommenſurabiles.

SCHOLION 1.

63. *Iſtud quantitatum irrationalium genus* communicantium *nomine venire ſolet.*

COROLLARIUM 2.

64. Per præſens adeo problema invenitur ratio rationalis irrationalium, ſi qua datur.

COROLLARIUM 3.

65. Quia $\sqrt[m]{a^n x^m} = x\sqrt[m]{a^n}$ (§. 61); quantitas ex parte rationalis, ex parte irrationalis ad pure irrationalem reducitur, ſi quantitas rationalis ad eam dignitatem evehitur, cujus gradum indicat exponens ſigno radicali præfixus, & dignitas per quantitatem ſub ſigno radicali multiplicatur. E. gr. $5\sqrt{2} = \sqrt{2.25} = \sqrt{50}$ & $5\sqrt[3]{3} = \sqrt[3]{3.5^3} = \sqrt[3]{3.125} = \sqrt[3]{375}$.

SCHOLION 2.

66. *Quodſi quæſiveris, quomodo in reſolutione innoteſcat, utrum quantitas ſub ſigno radicali poſita per potentiam aliquam requiſitam ſit diviſibilis, nec ne, & quænam ſit iſta potentia; in diviſores reſolvenda eſt, inter quos locum obtineant neceſſe eſt omnes potentiæ a prima usque ad requiſitam, ſi cum numeris nobis res fuerit. E. gr. Quæritur an* $\sqrt[4]{368}$ *ſit diviſibilis per aliquam potentiam quarti gradus. Reſoluturus numerum 368 in ſuos diviſores, reperiet*

2	184
4	92
8	46
16	23,

tentando nempe diviſionem per numeros minores & quotos majores a latere ponendo. Invenies hic 2 potentiam primi gradus, 4 potentiam ſecundi, 8 potentiam tertii & 16 potentiam quarti. Ergo 16 eſt diviſor quæſitus, conſequenter $\sqrt[4]{368} = 2\sqrt[4]{23}$.

PROBLEMA 12.

67. *Quantitates irrationales addere aut unam ex altera ſubtrahere.*

RESOLUTIO.

Si quantitates irrationales fuerint communicantes, adeoque reductæ (§. 61) fuerint commenſurabiles (§. 63); quantitates rationales extra vinculum adduntur & a ſe invicem ſubtrahuntur, ibique ſumma, hic differentia denuo præfigitur ſigno radicali. Reliqua omnia ſunt ut in additione & ſubtractione rationalium.

Ita reperietur $\sqrt{8} + \sqrt{18} = 2\sqrt{2} + 3\sqrt{2}$ (§ 61) $= 5\sqrt{2} = \sqrt{50}$ (§. 65) & $\sqrt[3]{24} + \sqrt[3]{81} = \sqrt[3]{3.8} + \sqrt[3]{3.27} = 2\sqrt[3]{3} + 3\sqrt[3]{3} = 5\sqrt[3]{3} = \sqrt[3]{375}$.

Similiter $\sqrt{18} - \sqrt{8} = 3\sqrt{2} - 2\sqrt{2} = \sqrt{2}$ & $\sqrt[3]{375} - \sqrt[3]{81} = 5\sqrt[3]{3} - 3\sqrt[3]{3} = 2\sqrt[3]{3} = \sqrt[3]{24}$.

Digitized by Google

Contra $\sqrt{7}$ & $\sqrt{5}$ cum ſint incommenſurabiles (§. 62); ſumma erit $\sqrt{7} + \sqrt{5}$ (§ 27), & differentia $\sqrt{7} - \sqrt{5}$ (§. 30).

Hinc & intelliguntur exempla in compoſitis tum in additione:

$$\begin{array}{l} 4\sqrt{3} - 5\sqrt{2} + 7\sqrt{7} + 8\sqrt{5} \\ \sqrt{3} + 9\sqrt{2} + 3\sqrt{7} - 4\sqrt{5} \\ \hline 5\sqrt{3} + 4\sqrt{2} + 10\sqrt{7} + 4\sqrt{5} \text{ ſum:} \end{array}$$

hoc eſt $\sqrt{3.25} + \sqrt{2.16} + \sqrt{7.100} + \sqrt{5.16}$ ſeu $\sqrt{75} + \sqrt{32} + \sqrt{700} + \sqrt{80}$ tum in ſubtractione

$$\begin{array}{l} 5\sqrt{2} - 7\sqrt{3} + 8\sqrt{10} \\ 3\sqrt{2} + 5\sqrt{3} - 9\sqrt{10} \\ \hline 2\sqrt{2} - 12\sqrt{3} + 17\sqrt{10} \text{ different.} \end{array}$$

hoc eſt $\sqrt{2.4} - \sqrt{3.144} + \sqrt{10.289}$, ſeu $\sqrt{8} - \sqrt{432} + \sqrt{2890}$.

DEMONSTRATIO.

Omnia manifeſta ſunt ex demonſtratione probl. 1 & 2 (§. 27. 30).

PROBLEMA 13.

68. *Quantitates irrationales per irrationales multiplicare ac dividere.*

RESOLUTIO.

Multiplicentur aut dividantur quantitates ſub ſigno radicali; ibi facto, hic quoto præfigatur ſignum idem radicale cum ſuo exponente. Quodſi radicales quantitates fuerint diverſæ denominationis ante omnia reducantur ad eandem (§. 59).

E. gr. in multiplicatione $\sqrt{3}.\sqrt{5} = \sqrt{15}$ & $\sqrt{12}.\sqrt{3} = \sqrt{36} = 6$. Item in compoſitis.

$$\begin{array}{lcl} \sqrt{3} + \sqrt{2} & & \sqrt{2} + \sqrt{3} \\ \sqrt{3} - \sqrt{2} & & \sqrt{2} + \sqrt{3} \\ \hline -\sqrt{6} - 2 & & +\sqrt{6} + 3 \\ 3 + \sqrt{6} & & 2 + \sqrt{6} \\ \hline 3 - 2 = 1 & & 2\sqrt{6} + 5 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 7\sqrt{3} - 5\sqrt{2} \\ 5\sqrt{8} + 3\sqrt{6} \\ \hline +21\sqrt{18} - 15\sqrt{12} \\ 35\sqrt{24} - 100 \\ \hline 35\sqrt{24} + 21\sqrt{18} - 15\sqrt{12} - 100 \end{array}$$

h. e. $70\sqrt{6} + 63\sqrt{2} - 30\sqrt{3} - 100$

$$\begin{array}{l} \sqrt{8} + \sqrt{2} + \sqrt{32} \\ \sqrt{8} + \sqrt{2} + \sqrt{32} \\ \hline +16 + 8 + 32 \\ +4 + 2 + 8 \\ 8 + 4 + 16 \\ \hline 98 \end{array}$$

Similiter in diviſione $\sqrt{8} : \sqrt{2} = \sqrt{4} = 2$ & $\sqrt{12} : \sqrt{6} = \sqrt{2}$. Item in compoſitis.

$$\begin{array}{l} \sqrt{15} - \sqrt{6} + \sqrt{12} \; (\sqrt{5} - \sqrt{2} + 2 \\ \sqrt{3}) \; \sqrt{15} \\ \hline -\sqrt{6} + \sqrt{12} \\ -\sqrt{6} \\ \hline \sqrt{12} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{12} = 2\sqrt{3} \\ 2\sqrt{3} \\ \hline 0 \end{array}$$

SCHOLION 1.

69. *Interdum etiam diviſio locum habet, ſi diviſor compoſitus eſt. Sed cum rariſſimus ſit ejus uſus & ea diviſione ignorata maxime preclaros in Analyſi progreſſus facere detur, nec difficultate res careat; eam hic exponi ſuperfluum judicamus. Docet ipſam* Ozanamus *in Novis Elementis Algebra* (a).

SCHOLION 2.

70. *Ceterum ex tradito hactenus calculo liquet, ſi quantitatem duplici ſigno radicali affici contingat, e. gr. ſi fuerit* $(3+\sqrt{2})\sqrt{\sqrt{2}}$, *operationes omnes eodem modo peragi, modo notetur, quantitatem ſub primo vinculo eodem modo tractari debere, quo rationalem in antecedentibus tractavimus. E. gr.*

$$\sqrt{(8\sqrt{3})} = 2\sqrt{(2\sqrt{3})} \; (§. 61)$$
$$\sqrt{(9\sqrt{12})} = \sqrt{(2.9\sqrt{3})} = 3\sqrt{(2\sqrt{3})}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{(8\sqrt{3})}+\sqrt{(9\sqrt{12})} &= 5\sqrt{(2\sqrt{3})} \\ &= \sqrt{(50\sqrt{3})} \\ &= \sqrt{\sqrt{7500}}. \end{aligned}$$

Similiter in multiplicatione

$$\begin{array}{r} 3+\sqrt{2} \\ \sqrt{\sqrt{2}} \\ \hline 3\sqrt{\sqrt{2}}+\sqrt{(2\sqrt{2})} \end{array} \qquad \begin{array}{r} \sqrt{\sqrt{5}}+\sqrt{\sqrt{2}} \\ \sqrt{(5\sqrt{5})} \\ \hline 5+\sqrt{(5\sqrt{10})} \end{array}$$

h. e. $\sqrt{(9\sqrt{2})}+\sqrt{(2\sqrt{2})}$ ſ. $5+\sqrt{\sqrt{250}}$
ſeu $\sqrt{\sqrt{162}}+\sqrt{\sqrt{8}}$

$$\begin{array}{r} \sqrt{(3+\sqrt{2})} \\ \sqrt{(5-\sqrt{3})} \\ \hline -3\sqrt{3}-\sqrt{6} \\ 15+5\sqrt{2} \\ \hline \sqrt{(15+5\sqrt{2}-3\sqrt{3}-\sqrt{6})} \end{array} \qquad \begin{array}{r} \sqrt{(3+\sqrt{2})} \\ \sqrt{(3-\sqrt{2})} \\ \hline -3\sqrt{2}-2 \\ 9+3\sqrt{2} \\ \hline \sqrt{7} \end{array}$$

Dicuntur iſtiusmodi radices, *qualis eſt* $\sqrt{(3+\sqrt{2})}$ univerſales.

SCHOLION 3.

71. Radices *vero* imaginariæ *dicuntur, ſi quantitas ſub ſigno radicali fuerit negativa, veluti* $\sqrt{-2}$, *cum quadratum* -2 *ſit quantitas impoſſibilis, propterea quod omne quadratum ſit poſitivum* (§. 246 Arithm. & §. 37 Anal.). *Facile autem patet additionem & ſubtractionem radicum imaginariarum eodem modo fieri debere ac realium.* Ita $\sqrt{-18}+\sqrt{-8} = 3\sqrt{-2}+2\sqrt{-2} = 5\sqrt{-2} = \sqrt{-50}$ & $\sqrt{-18}-\sqrt{-8} = \sqrt{-2}$. *Quoniam vero quantitas privativa ſub ſigno radicali conſideratur inſtar poſitivæ, in multiplicatione ſignum non mutatur, ſed facto perinde ac factoribus præfigitur ſignum* $-$; *alias enim factores imaginarii efficerent factum reale, quod utique abſurdum. Quamobrem regula de ſignis tantummodo obſervatur reſpectu radicum, minime vero reſpectu quantitatum ſub ſigno radicali poſitarum.*

E. gr.
$$\begin{array}{r} \sqrt{-5}-\sqrt{-7} \\ \sqrt{-3} \\ \hline \sqrt{-15}-\sqrt{-21} \end{array} \qquad \begin{array}{r} \sqrt{-3}+\sqrt{-2} \\ +\sqrt{-3} \\ \hline -3+\sqrt{-6} \\ \sqrt{-8} \end{array}$$

(a) Nouveaux Elemens d'Algebre lib. 1, probl. 4. & ſeqq. p. 7. & ſeqq.

Digitized by Google

$$\begin{array}{r} \sqrt{-8}+\sqrt{-2} \\ \sqrt{-8}-\sqrt{-2} \\ \hline +4+2 \\ -8-4 \\ \hline -6 \end{array}$$

Nimirum $\sqrt{-2}.\sqrt{-2} = -2$ & $+1.-1 = -1$. *Ergo* $-1.-2 = +2$.

$$\begin{array}{r} 3\sqrt{-5}+2\sqrt{-3} \\ 3\sqrt{-5}-2\sqrt{-2} \\ \hline -6\sqrt{-10}-4\sqrt{-6} \\ -45+6\sqrt{-15} \\ \hline -45-6\sqrt{-10}+6\sqrt{-15}-4\sqrt{-6} \end{array}$$

CAPVT III.

De

USU CALCULI LITTERALIS IN INVENIENDIS THEOREMATIS.

PROBLEMA 14.

72. *Invenire, qualis numerus prodeat ex parium additione, ſubtractione ac multiplicatione.*

Quoniam numerus par per 2 dividi poteſt (§. 72 *Arithm.*), dicatur $2a$. Similiter alius numerus par ſit $= 2c$. Erit

$2a$	$2a$	$2a$
$2c$	$2c$	$2c$
ſumma $2a+2c$	Diff. $2a-2c$	Fact $4ac$

Theorema: Summa, item differentia atque factum duorum numerorum parium eſt numerus par.

PROBLEMA 15.

73. *Invenire, qualis numerus prodeat, ſi parem impari addas, vel parem ab impari ſubtrahas, vel denique parem per imparem multiplices.*

Numerus par ſit $2a$ (§. 72 *Arithm.*), impar $2c+1$ (§. 73 *Arithm.*). Erit

$2c+1$	$2c+1$
$2a$	$2a$
$2a+2c+1$ Summa	$2c+1-2a$ Diff.

$$\begin{array}{c} 2c+1 \\ 2a \\ \hline 4ac+2a \text{ Factum.} \end{array}$$

Theorema. Si parem impari addas aut unum ex altero ſubtrahas; ibi aggregatum, hic differentia eſt numerus impar.

impar. Si vero numerus par & impar ſe mutuo multiplicent, factum eſt numerus par.

PROBLEMA 16.

74. *Invenire, qualis prodeat numerus, ſi impar impari addatur, aut unus ex altero ſubtrahatur, aut ſi impar imparem multiplicet.*

Sint numeri impares $2a+1$ & $2b+1$ (*ſ.* 73 *Arithm.*): erit

$$\begin{array}{r} 2a+1 \\ 2b+1 \\ \hline 2a+2b+2 \end{array}\ \text{Summa} \qquad \begin{array}{r} 2a+1 \\ 2b+1 \\ \hline 2a-2b \end{array}\ \text{Different}$$

$$\begin{array}{r} 2a+1 \\ 2b+1 \\ \hline +2a+1 \\ 4ab+2b \\ \hline 4ab+2a+2b+1 \end{array}\ \text{Factum.}$$

Theorema: Si numerus impar impari additur aut ab eo ſubtrahitur, ibi ſumma, hic differentia eſt numerus par. Si vero impar imparem multiplicet, factum eſt numerus impar.

PROBLEMA 17.

75. *Invenire, qualis numerus prodeat, ſi meros numeros pares, aut numeros impares multitudine pari, aut denique numeros impares multitudine impari addas.*

Sint numeri pares $2a, 2b, 2c, 2d$, &c. erit ſumma $2a+2b+2c+2d$ &c, numerus par (§, 72 *Arithm.*).

Theorema: Summa numerorum parium quotcunque eſt numerus par.

Sint numeri impares $2a+1$, $2b+1$, $2c+1$, $2d+1$ &c. (*ſ.* 73 *Arithm.*) numerus eorundem $2m$ (§. 72 *Arithm.*). Erit ſumma $2a+2b+2c+2d$ &c. $+2m$, numerus par (*ſ.* 72 *Arithm.*). Tot ſcilicet ſunt unitates, quot termini.

Theorema. Summa numerorum imparium quotcunque multitudine pari eſt numerus par.

Sint numeri impares ut ante $2a+1$, $2b+1$, $2c+1$, $2d+1$ &c. numerus eorundem $2m+1$. Erit ſumma $2a+2b+2c+2d$ &c. $+2m+1$, numerus impar (*ſ.* 73 *Arithm.*).

Theorema. Summa numerorum imparium quotcunque, ſi numero impares fuerint, eſt numerus impar.

SCHOLION.

76. *Notetur in his problematibus denominandi artificium, quod conſiſtit in analytica expreſſione numeri paris & imparis, qua eorum definitiones repræſentat.*

PROBLEMA 18.

77. *Invenire qualis ſit numerus, per quem impar parem metitur.*

Quodſi numerus impar parem metitur, erit par factum ex impari per parem, (§. 74 *Arithm.*), adeoque $(2a+1)\,2b = 4ab+$

$ab+2b$. Eſt igitur $(4ab+2b):(2a+1)=2b$ (§. 210 *Arithm.*).

Theorema. Impar metiens parem eum metitur per parem.

COROLLARIUM 1.

78. Patet ſimul, numerum, qui metitur parem per imparem, eſſe parem.

COROLLARIUM 2.

79. Et quoniam $(2ab+b):(2a+1)=b$; liquet porro, ſi impar metiatur parem, illum quoque hujus dimidium metiri.

PROBLEMA 19.

80. *Invenire qualis ſit numerus, per quem impar imparem metitur.*

Quodſi impar imparem metitur, erit hic factum ex impari in imparem (§. 73. 74), adeoque $(2a+1)(2b+1)$ ſeu $4ab+2a+2b+1$. Eſt igitur $(4ab+2ab+2b+1):(2a+1)=2b+1$ numerus impar (§. 210 *Arithm.*).

Theorema. Impar metiens imparem eum metitur per imparem.

PROBLEMA 20.

81. *Determinare differentiam quadratorum, quorum radices unitate differunt.*

Sit radix una $=n$, erit altera $n+1$: quadratum majoris n^2+2n+1 (§. 246 *Arith.*). minoris n^2

Differentia $2n+1$

Theorema. Differentia duorum quadratorum, quorum radices unitate differunt, eſt numerus impar duplo radicis minoris unitate aucto æqualis, ſeu ſumma radicum.

COROLLARIUM 1.

82. Facillime ergo conſtruuntur Tabulæ numerorum quadratorum pro radicibus in ſerie naturali progredientibus. Summa nempe radicis antecedentis & conſequentis continuo additur quadrato antecedenti, ut prodeat conſequens.

COROLLARIUM 2.

83. Si $n=1$, erit $2n+1=3$: ſi $n=2$, erit $2n+1=5$: ſi $n=3$, erit $2n+1=7$: ſi $n=4$, erit $2n+1=9$ &c. Differentiæ itaque numerorum quadratorum ſunt numeri impares in continua ſerie progredientes: unde ex continua numerorum imparium additione naſcuntur numeri quadrati.

Radic.	Num. impar.	Num. Quadr.
1	1	1
2	3	4
3	5	9
4	7	16
5	9	25
6	11	36
7	13	49
8	15	64
9	17	81
10	19	100

PRO-

PROBLEMA 21.

84. *Determinare differentiam duorum cuborum, quorum radices unitate differunt.*

Sint radices n & $n+1$: erit
Cubus major n^3+3n^2+3n+1 (§.
minor n^3 248 *Arithm.*)

Differentia $3n^2+3n+1$,
hoc eſt, $n^2+2n+1+2n^2+n$. Sed $n^2+2n+1=(n+1)^2$. Ergo differentia inventa $(n+1)^2+2n^2+n$.

Theorema. Differentia duorum numerorum cubicorum, quorum radices unitate differunt, eſt aggregatum ex quadrato radicis majoris, duplo quadrato minoris & radice minore.

COROLLARIUM.

85. Conſtructo itaque numerorum quadratorum canone (§. 82), per ſolam additionem inde porro conſtruitur canon numerorum cubicorum.

PROBLEMA 22.

86. *Determinare quantitatem rectanguli ex ſumma duarum quantitatum in majorem vel in minorem, itemque in differentiam eorundem.*

Sit quantitas major Q, minor q: erit ſumma $Q+q$, differentia $Q-q$. Hinc (§. 375 *Geom.*)

$$\begin{array}{r} Q+q \\ Q \\ \hline Q^2+Qq \end{array} \qquad \begin{array}{r} Q+q \\ q \\ \hline Qq+q^2 \end{array} \qquad \begin{array}{r} Q+q \\ Q-q \\ \hline -Qq-q^2 \\ Q^2+Qq \\ \hline Q^2-q^2 \end{array}$$

Theorema. Rectangulum ex ſumma duarum quantitatum (e. gr. linearum) in alterutram æquatur rectangulo partis unius in alteram atque Quadrato partis alterutrius. Rectangulum vero ex ſumma in differentiam æquale eſt differentiæ quadratorum partium.

COROLLARIUM.

87. Quodſi rectangula Q^2+Qq & $Qq+q^2$ addantur; prodit $Q^2+2Qq+q^2$ quadratum ipſius $Q+q$ (§. 261 *Arithm.*). Quare rectangula ex toto in partem alterutram ſimul æquantur quadrato totius.

PROBLEMA 23.

88. *Si totum ſit diviſum in duas partes æquales & in duas inæquales, determinare rectangulum partium inæqualium.*

Sint partes æquales a & a, differentia inter partem æqualem & inæqualem b; erit inæqualium major $a+b$, minor $a-b$; conſequenter $(a+b)(a-b)=a^2-b^2$. Ergo ſi addatur b^2, habebitur a^2.

Theorema. Si totum ſit diviſum in duas partes æquales & inæquales, erit rectangulum partium inæqualium una cum quadrato differentiæ partis æqualis

lis ab inæquali, æquale quadrato partis æqualis.

COROLLARIUM.

89. Quoniam $(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$ & $(a-b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$ (§. 261 *Arithm.*); erit ſumma $2a^2 + 2b^2$, hoc eſt, ſumma quadratorum partium inæqualium æqualis eſt duplo quadrato partis dimidiæ & duplo quadrato differentiæ partis æqualis ab inæquali.

PROBLEMA 24.

90. *Determinare alia rectangula ex partibus duabus, in quas totum aliquod diviſum.*

Sint partes Q & q: erit totum $Q+q$, hujus quadratum $Q^2 + 2Qq + q^2$. Quodſi Q^2 addas; prodibit $2Q^2 + 2Qq + q^2 = 2Q(Q+q) + q^2$.

Theorema Quadratum totius una cum quadrato partis unius æquale eſt rectangulo ex duplo ejuſdem partis in totum atque quadrato partis alterius.

Quodſi $2Q+q$ in ſeipſum ducas; prodibit $4Q^2 + 4Qq + q^2$.

Theorema. Quadratum ex toto & parte una æquatur quadrato partis alterius una cum quadruplo quadrato partis illius & quadruplo rectangulo quadruplo partium in ſe invicem.

PROBLEMA 25.

91. *Determinare quantitatem rectanguli ex toto in partes tres inæquales diviſo atque parte una.*

Sit totum $a+b+c$; erit $(a+b+c)c = ac + bc + c^2$.

Theorema. Rectangulum ex toto in tres partes inæquales diviſo in partem unam æquatur quadrato ejuſdem partis atque rectangulo ex eadem in ſummam duarum reliquarum.

PROBLEMA 26.

92. *Determinare quantitatem rectanguli ex linea in partes quotcunque diviſa & inſecta altera.*

Sint partes lineæ ſectæ a, b, c, &c. erit linea ſecta $= a+b+c$ &c. Sit porro linea inſecta $= d$: erit $(a+b+c$ &c.$)\, d = ad + bd + cd$ &c.

Theorema. Si linea recta fuerit in partes quotcunque diviſa & præterea alia inſecta, erit rectangulum ſub iis comprehenſum æquale rectangulis ſub inſecta & ſingulis ſectæ partibus contentis.

PROBLEMA 27.

93. *Determinare quantitatem rectangulorum ex toto in duas partes diviſo in partes ſingulas.*

Sit totum $= a+b$, erit $(a+b)\,a = a^2 + ab$ & $(a+b)\,b = ab + b^2$, Ergo ſumma $= a^2 + 2ab + b^2 = (a+b)^2$ (§. 261 *Arithm.*),

Theorema. Si recta ſecta fit utcunque, erunt rectangula ſub tota & partibus comprehenſa quadrato totius æqualia.

PROBLEMA 28.

94. *Determinare quantitatem rectanguli ex toto in duas partes æquales*

æquales diviſo & adjecto in adjectum.

Sit totum in duas partes æquales diviſum $= 2a$ & adjectum $= c$; erit compoſitum $= 2a + c$ conſequenter $(2a + c)c = 2ac + c^2$. Sed $(a + c)^2 = a^2 + 2ac + c^2$. Ergo differentia $= a^2$.

Theorema. Rectangulum ſub toto & adjecto in adjectum una cum Quadrato partis dimidiæ eſt æquale Quadrato compoſiti ex dimidio & adjecto.

PROBLEMA 29.

95. *Invenire theorema generale pro binomio ad dignitatem quamcunque evehendo.*

Sit $a + b$ radix binomia. Ducatur ea in ſe ipſam, erit $(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$; $(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$ &c. (§. 229 *Arithm.*): ceu videre eſt ex Tabula, quam hic exhibemus.

$1a$	$1b$									
$1a^2$	$2ab$	$1b^2$								
$1a^3$	$3a^2b$	$3ab^2$	$1b^3$							
$1a^4$	$4a^3b$	$6a^2b^2$	$4ab^3$	$1b^4$						
$1a^5$	$5a^4b$	$10a^3b^3$	$10a^2b^2$	$5ab^4$	$1b^5$					
$1a^6$	$6a^5b$	$15a^4b^2$	$20a^3b^3$	$15a^2b^4$	$6ab^5$	$1b^6$				
$1a^7$	$7a^6b$	$21a^5b^2$	$35a^4b^3$	$35a^3b^4$	$21a^2b^5$	$7ab^6$	$1b^7$			
$1a^8$	$8a^7b$	$28a^6b^2$	$56a^5b^3$	$70a^4b^4$	$56a^3b^5$	$28a^2b^6$	$8ab^9$	$1b^8$		
$1a^9$	$9a^8b$	$36a^7b^2$	$84a^6b^3$	$126a^5b^4$	$126a^4b^5$	$84a^3b^6$	$36a^2b^7$	$9ab^8$	$1b^9$	
$1a^{10}$	$10a^9b$	$45a^8b^2$	$120a^7b^3$	$210a^6b^4$	$252a^5b^5$	$210a^4b^6$	$120a^3b^7$	$45a^2b^8$	$10ab^9$	$1b^{10}$

Ex tabulæ hujus conſideratione manifeſtum eſt; terminos potentiarum componi ex quibusdam factis litteralibus & numeris præfixis, quos *Uncias* cum *Oughtredo* (b) vocant. Patet autem ulterius, facta reperiri, ſi fiant duæ progreſſiones Geometricæ, qua-

(Wolffii Math. Tom. I.) Ss rum

(b) Clavis Mathematicæ c. 12, §. 6. p. m. 38.

rum prima a potentia deſiderata partis primæ radicis incipiat & in unitate deſinat, altera vero ab unitate incipiat & in deſiderata potentia partis ſecundæ radicis deſinat, atque termini ejuſdem ordinis in utraque ſerie in ſe invicem ducantur. E. gr. quærenda potentia ſexta: ſcribe

$a^6.\ a^5.\ a^4.\ a^3.\ a^2.\ a.\ 1.$ ſeries I.
$1.\ b.\ b^2.\ b^3.\ b^4.\ b^5.\ b^6$ ſeries II.

erunt $a^6 + a^5b + a^4b^2 + a^3b^3 + a^2b^4 + ab^5 + b^6$ facta, ex quibus componitur potentia ſexta ipſius $a+b$.

Apparet denique, uncias reperiri, ſi exponentes potentiarum ſecundæ ſeriei ſeu ipſius b ſub exponentibus poteſtatum primæ ſeriei ſeu ipſius a ſcribantur & nota prima ex ſerie ſuperiore ſumatur pro numeratore, prima ex inferiore pro denominatore fractionis, quæ vicem ſubit unciæ termini ſecundi poteſtatis; ſimiliter factum ex nota prima in ſecundam ex ſerie ſuperiore ſumatur pro numeratore, factum ex prima in ſecundam ex ſerie inferiori pro denominatore fractionis, quæ unciæ termini tertii potentiæ æqualis &c. E. gr. pro potentia ſexta erit:

$$6.\ 5.\ 4.\ 3.\ 2.\ 1.$$
$$1.\ 2.\ 3.\ 4.\ 5.\ 6$$

Hinc $\frac{6}{1} = 6$ uncia termini ſecundi potentiæ ſextæ; $\frac{6.5}{1.2} = \frac{30}{2} = 15$ uncia termini tertii; $\frac{6.5.4}{1.2.3} = \frac{120}{6} = 20$ uncia termini quarti; $\frac{6.5.4.3}{1.2.3.4} = \frac{6.5}{1.2} = \frac{30}{2} = 15$ uncia termini quinti; $\frac{6.5.4.3.2}{1.2.3.4.5} = \frac{6}{1} = 6$ uncia termini ſexti; $\frac{6.5.4.3.2.1}{1.2.3.4.5.6} = 1$ uncia termini ultimi.

Habemus adeo methodum datam radicem binomiam ad quamcunque potentiam determinatam evehendi. Quodſi vero regulam pro potentia indeterminata deſideres, non alia re opus eſt, quam ut exponens dicatur m: ita habebimus

$a^m.\ a^{m-1}.\ a^{m-2}.\ a^{m-3}.\ a^{m-4}.\ a^{m-5}$
$1.\ b.\ b^2.\ b^3.\ b^4.\ b^5$ &c.

adeoque $a^m + a^{m-1}b + a^{m-2}b^2 + a^{m-3}b^3 + a^{m-4}b^4 + a^{m-5}b^5$ &c. quæ

quæ ſunt facta pro terminis potentiæ indeterminatæ in infinitum continuandæ. Similiter invenientur unciæ, ut ante. Cum enim exponentes ſint:

$$\frac{m.m-1.m-2.m-3.m-4.m-5}{1.\ 2.\ 3.\ 4.\ 5.\ 6.}\ \&c.$$

erit $\frac{m}{1}$ uncia termini ſecundi potentiæ; $\frac{m.m-1}{1.2}$ uncia tertii; $\frac{m}{1.}$ $\frac{m-1.m-2}{2.3}$ uncia quarti; $\frac{m.m-1.}{1.\ 2.}$ $\frac{m-2.m-3}{3.4}$ uncia quinti; $\frac{m.m-1.}{1.\ 2.}$ $\frac{m-2.m-3.m-4}{3.\ 4.\ 5}$ uncia ſexti; $\frac{m.m-1}{1.\ 2.}$ $\frac{m-2.m-3.m-4.m-5}{3.\ 4.\ 5.\ 6}$ uncia ſeptimi &c.

Quare ſi has uncias in facta ipſis reſpondentia & paulo ante reperta ducas; prodibit formula binomii ad potentiam indeterminatam elevati:

$$a^m + \frac{m}{1}a^{m-1}b + \frac{m.m-1}{1.\ 2}a^{m-2}b^2 + \frac{m.m-1.m-2}{1.\ 2.\ 3}a^{m-3}b^3 + \frac{m.m-1.m-2.m-3}{1.\ 2.\ 3.\ 4}a^{m-4}b^4 + \frac{m.m-1.}{1.}\ \frac{m-2.m-3.m-4}{2.\ 3.\ 4.\ 5}a^{m-5}b^5 + \frac{m.m-1.}{1.}\ \frac{m-2.m-3.m-4.m-5}{2.\ 3.\ 4.\ 5.\ 6}a^{m-6}b^6\ \&c.$$

in infinitum.

Quoniam vero $a^{m-1}=a^m:a$, $a^{m-2}=a^m:a^2$, $a^{m-3}=am:a^3$, $a^{m-4}=a^m:a^4$, $a^{m-5}=a^m\ a^5$ &c, in infinit. (§. 54); his valoribus ſubſtitutis (§. 15 *Arithm.*), formula in ſequentem degenerat:

$$a^m + \frac{m.a^m b}{1.\ a} + \frac{m.m-1.\ a^m b^2}{1.2\ \ a^2} + \frac{m.m-1.}{1.\ 2.}\ \frac{m-2.\ a^m b^3}{3\ \ a^3} + \frac{m.m-1.m-2\ m-3.\ a^m b^4}{1.\ 2.\ 3.\ 4\ \ a^4} + \frac{m.m-1.m-2.m-3.m-4.\ a^m b^5}{1.\ 2.\ 3.\ 4.\ 5\ \ a^5} + \frac{m.m-1.m-2.m-3.m-4.m-5.\ a^m b^6}{1.\ 2.\ 3.\ 4.\ 5.\ 6\ \ a^6}\ \&c.$$

in infinit.

Quodſi jam porro cum viro ſummo, *Iſaaco Nevvtono* (c) ponamus $a=P$ & $b:a=Q$; erit $a^m=P^m$, $b^2:a^2=Q^2$, $b^3:a^3=Q^3$, $b^4:a^4=Q^4$,

(c) in epiſtola A. 1676 ad *Leibnitium* data apud *Walliſium* Operum Vol. III. f. 622.

$= Q^4$, $b^5 : a^5 = Q^5$ &c. conſequenter his valoribus ſubſtitutis formula: $P^m + \frac{m}{1} P^m Q + \frac{m.m-1}{1.2} P^m Q^2 + \frac{m.m-1.m-2}{1.2.3} P^m Q^3 + \frac{m.m-1.m-2.m-3}{1.2.3.4} P^m Q^4$ &c.

Ponatur porro $P^m = A$, erit $\frac{m}{1} P^m Q = \frac{m}{1} AQ$. Sit $\frac{m}{1} P^m Q = B$; erit $\frac{m.m-1}{1.2} P^m Q^2 = \frac{m-1}{2} BQ$. Sit $\frac{m-1}{2} BQ = C$, erit $\frac{m.m-1.m-2}{1.2.3} P^m Q^3 = \frac{m-2}{3} CQ$. Sit $\frac{m-2}{3} CQ = D$: erit $\frac{m.m-1.m-2.m-3}{1.2.3.4} P^m Q^4 = \frac{m-3}{4} DQ$. Sit $\frac{m-3}{4} DQ = E$: erit $\frac{m.m-1.m-2.m-3.m-4}{1.2.3.4.5} P^m Q^5 = \frac{m-4}{5} EQ$. Sit $\frac{m-4}{5} EQ = F$: erit $\frac{m.m-1.m-2.m-3.m-4.m-5}{1.2.3.4.5.6} P^m Q^6 = \frac{m-5}{6} FQ$ &c. in infinit.

Habetur ergo tandem $(a+b)^m = (P+PQ)^m = P^m + \frac{m}{1} AQ + \frac{m-1}{2} BQ + \frac{m-2}{3} CQ + \frac{m-3}{4} DQ + \frac{m-4}{5} EQ + \frac{m-5}{6} FQ$ &c. in infinit.

SCHOLION 1.

96. *Equidem hoc theorema nonniſi per inductionem eruimus, quæ inter demonſtrandi methodos locum minime habet: ſed cum hæc inductio fundetur in obſervatione legis conſtantis atque neceſſariæ, in inveniendo tuto adhibetur, etſi conſultum ſit, reperta alio poſtea modo demonſtrari.*

SCHOLION 2.

97. *Ut vero theorema facilius intelligatur, exemplo numerico id illuſtrare lubet. Ponamus ergo inveniri debere dignitatem quartam radicis* 18 *ſeu* 10 + 8: *erit* $m = 4$, $P = 10$, $Q = 8 : 10 = \frac{4}{5}$, *conſequenter*

$P^m =$

$P^m = 10^4 = 10000 = A$

$mAQ = 4.\,10000.\,\frac{4}{5} = \frac{160000}{5} = 32000 = B$

$\frac{m-1}{2}BQ = \frac{3}{2}.\,32000.\,\frac{4}{5} = \frac{6}{5}.\,32000 = 6.\,6400 = 38400 = C$

$\frac{m-2}{3}CQ = \frac{2}{3}.\,38400.\,\frac{4}{5} = \frac{8}{15}\,38400 = \frac{307200}{15} = 20480 = D$

$\frac{m-3}{4}DQ = \frac{1}{4}.\,20480.\,\frac{4}{5} = \frac{1}{5}.\,20480 = \frac{20480}{5} = 4096 = E$

$\frac{m-4}{5}EQ = 0.\,4096.\,\frac{4}{5} = 0.$

10000 = A
32000 = B
38400 = C
20480 = D
4096 = E

104976 Dignitas quarta ipſius 18.

Eadem dignitas invenitur, ſi 18 in duas quaſcunque partes alias, e. gr. in 6 & 12 ſecetur; quo in caſu erit $P = 6$ & $Q = 12 : 6 = 2$, *conſequenter*

$P^m = 6^4 = 1296 = A$

$mAQ = 4.\,1296.\,2 = 8.\,1296 = 10368 = B$

$\frac{m-1}{2}BQ = \frac{3}{2}.\,10368.\,2 = 3.\,10368 = 31104 = C$

$\frac{m-2}{3}CQ = \frac{2}{3}.\,31104.\,2 = \frac{4}{3}.\,31104 = \frac{124416}{3} = 41472 = D$

$\frac{m-3}{4}DQ = \frac{1}{4}.\,41472.\,2 = \frac{2}{4}.\,41472 = \frac{41472}{2} = 20736 = E$

$\frac{m-4}{5}EQ = 0.\,20736 = 0.$

1296 = A
10368 = B
31104 = C
41472 = D
20736 = E

104976 Dignitas quarta ipſius 18.

Patet adeo ſeriem terminari, ſi m explicetur per numerum determinatum.

COROLLARIUM I.

98. Si m explicetur per numerum fractum, ſeries $P^m + \frac{m}{1}AQ + \frac{m-1}{2}BQ$ &c. exprimet radicem indeterminatam ipſius $P + PQ$ (§. 57), adeoque idem theorema extractioni radicis inſervit. E. gr. Sit ex $aa - xx$ extrahenda radix quadrata; erit $m = \frac{1}{2}$ (§. *cit.*), $P = a^2$ & $Q = -x^2 : a^2$. Unde

$$P^m = a^{2:2} = a = A$$

$$\frac{m}{1} AQ = \tfrac{1}{2} a. - x^2 : a^2 = \frac{-x^2}{2a} = B$$

$$\frac{m-1}{2} BQ = (\tfrac{1}{2} - 1) : 2 . \frac{-x^2}{2a} . \frac{-x^2}{a^2}$$

$$= \frac{1-2.x^4}{4.2a^3} = \frac{-x^4}{8a^3} = C.$$

$$\frac{m-2}{3} CQ = (\tfrac{1}{2} - 2) : 3 . \frac{-x^4 . -x^2}{8a^3 . a^2}$$

$$= \frac{1-4.x^6}{6.\ 8a^5} = \frac{-3\ x^6}{6.\ 8a^5} = \frac{-x^6}{16a^5} = D$$

$$\frac{m-3}{4} DQ = (\tfrac{1}{2} - 3) : 4 . \frac{-x^6 . -x^2}{16a^5 . a^2}$$

$$= \frac{1-6.x^8}{8\ 16a^7} = \frac{-5x^8}{128a^7} = E$$

$$\frac{m-4}{5} EQ = (\tfrac{1}{2} - 4) : 5 . \frac{-5x^8 . -x^2}{128a^7 . a^2}$$

$$= \frac{1-8.\ 5x^{10}}{10\ 128a^9} = \frac{-7x^{10}}{256a^9} \text{ \&c.}$$

in infin.

Eſt adeo $V(a^2 - x^2) = a \frac{-x^2}{2a} \frac{-x^4}{8a^3} \frac{-x^6}{16a^5} \frac{-5x^5}{128a^7} \frac{-7x^{10}}{256a^9}$ &c. in infinit.

SCHOLION 3.

99. *Si cui moleſtus evadit fractionum calculus, is cum* Newtono *in formula generali ſubſtituat pro* m *exponentem fractum* m:n *formulam ſequentem obtenturus:* $(P + PQ)^{m:n} = P^{m:n} + \frac{m}{n} AQ + \frac{m-n}{2n} BQ + \frac{m-2n}{3n} CQ + \frac{m-3n}{4n} DQ + \frac{m-4n}{5n} EQ$ &c. *Hac vero formula ubi utetur quantitates ad potentiam evecturus, pro* n *aſſumet* 1.

SCHOLION 4.

100. *Ex numerorum determinatorum potentiis radicem extracturus adhibeat formulam* $a^m + \frac{m}{1} a^{m-1} b$ &c. *quam in dato caſu determinet numero pro* m *ſubſtituto.* E. gr. *Sit ex* 104976 *extrahenda radix quartana; erit* m = 4: *unde habetur* $a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$ *& juxta hoc theorema extractio radicis quartanæ eodem modo peragitur, quo quadratam & cubicam* (§. 269. 270 Arithm.) *inquiſivimus. Nimirum cum præter* a^4 *ſeu quadratoquadratum partis primæ radicis quatuor auferri debeant facta, reſecentur verſus dexteram nota quatuor & potentia quarta proxime accedens ad* 10 *nempe* 1, *erit* a^4. *En calculi typum:*

10

```
       10|4976(18
        1|
      ---|---
        0|4976
   4a³ = |4 . . . 4a³ = 4   b² = 64
 4a³b = 3 2 . . .   b = 8   a² = 1
6a²b² = 3 8 4 . .  ------  -------
 4ab³ = 2 0 4 8 . 4a³b=32 a²b²=64
   b⁴ = 40|96                   6
-------  -------           -------
          04976  b³=512 6a²b²=384
        -------  4a = 4
            0   ---------
                4ab³ = 2048
```

Si radix plures, quam tres notas habuerit; operatio altera repetenda, ut in extractione radicum quadratarum ac cubicarum (§. cit. Arithm.). *Quodſi numerus, ex quo radix extrahenda, non ſit dignitas perfecta; dignitas proxime minor ſit* = P *& reſiduum poſt extractionem more vulgari inſtitutam per eandem diviſum* = Q, m = 1 *&* n *exponens dignitatis, cujus radix deſideratur. Ita ope theorematis in* ſchol. præc. *obtinetur ſeries infinita certa progreſſionis lege reſiduam partem radicis exhibens,*

E. gr. *Quæratur* $\sqrt{2}$. *Quoniam quadratum proxime minus* = 1 *& reſiduum hoc ex* 2 *ſubducto* = 1; erit P = 1, Q = 1. *Præterea* m = 1 *&* n = 2. Hinc

$$P^{m:n} = 1 = A$$

$$\frac{m}{n}AQ = \frac{1}{2} = B$$

$$\frac{m-n}{2n}BQ = -\tfrac{1}{4}.\tfrac{1}{2} = -\frac{1}{2.4} = C$$

$$\frac{m-2n}{3n}CQ = -\frac{3}{6}.-\frac{1}{2.4} = +\frac{1.3}{2.4.6} = D$$

$$\frac{m-3n}{4n}DQ = -\frac{5}{8}.+\frac{1.3}{2.4.6} = -\frac{1.3.5}{2.4.6.8} = E$$

$$\frac{m-4n}{5n}EQ = -\frac{7}{10}.-\frac{1.3.5}{2.4.6.8} = +\frac{1.3.5\,7}{2.4.6.8.10} \&c.$$

Eſt ergo
$$\sqrt{2} = 1 + \frac{1}{2} - \frac{1}{2.4} + \frac{1.3}{2.4.6} - \frac{1.3.5}{2.4.6.8} + \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.10} - \&c.$$
$$= 1 + \frac{1}{2} - \frac{1}{8} + \frac{1}{16} - \frac{5}{128} + \frac{7}{256}.$$
&c. in infinitum.

Ubi ſeries fractionum denotat partem radicis unitate minorem. Cæterum cum $\sqrt{2}$ *ſit diagonalis quadrati, poſito ejus latere* = 1 (§. 420 Geom.); *habetur jam valor diagonalis in terminis rationalibus*

nalibus, unde rationes prope vera ad praxin quantumlibet ſufficientes duci poſſunt. E gr. *ſi pro diagonali ſumatur* $1 + \frac{1}{2}$, *erit ratio* $1 + \frac{1}{2} : 1$ ($= 3:2$) *juſto major quam diagonalis ad latus, ſed exceſſus conſiſtet infra* $\frac{1}{8}$. *Si pro diagonali ſumatur* $1 + \frac{1}{2} - \frac{1}{8}$ *ſeu* $\frac{11}{8}$; *erit ratio* $\frac{11}{8} : 1$ ($= 11 : 8$) *juſto minor quam diagonalis ad latus, ſed defectu infra* $\frac{1}{8}$ *exiſtente: & ita porro.*

COROLLARIUM 2.

101. Quoniam polynomium pro binomio haberi poteſt, ſumtis pluribus partibus pro una; eadem formula polynomiis ad datam dignitatem evehendis inſervit. E. gr. Si trinomium $c + d + g$ ad dignitatem aliquam, e. gr. quartam evehendum; ponatur in formula $a^m + \frac{m}{1} a^{m-1} b$ &c. $c = a$ & $d + g = b$: erit $(c + d + g)^4 = c^4 + 4c^3(d + g) + 6c^2(d + g)^2 + 4c(d + g)^3 + (d + g)^4$. Nempe $a^m = c^4$, $\frac{m}{1} a^{m-1} b = 4c^3(d + g)$, $\frac{m.m-1}{1.2} a^{m-2} b^2 = 6c^2(d + g)^2$, $\frac{m.m-1.m-2}{1.2.3} a^{m-3} b^3 = 4c(d + g)^3$, $\frac{m.m-1.m-2.m-3}{1.2.3.4} a^{m-4} b^4 = (d + g)^4$. Eſt vero vi ejusdem theorematis $(d + g)^2 = d^2 + 2dg + g^2$, $(d + g)^3 = d^3 + 3d^2g + 3dg^2 + g^3$, $(d + g)^4 = d^4 + 4d^3g + 6d^2g^2 + 4dg^3 + g^4$. Ergo $(c + d + g)^4 = c^4 + 4c^3d + 4c^3g + 6c^2d^2 + 12c^2dg + 6c^2g^2 + 4cd^3 + 12cd^2g + 12cdg^2 + 4cg^3 + d^4 + 4d^3g + 6d^2g^2 + 4dg^3 + g^4$.

COROLLARIUM 3.

102. Quare ſi infinitinomium fuerit $a + by + cy^2 + dy^3 + ey^4 + fy^5 + gy^6$ &c. in infinit. & in formula pro a ſubſtituatur a, pro b autem $by + cy^2 + dy^3 + ey^4 + fy^5 + gy^6$ &c. in infinit. prodibit formula generalis pro infinitinomio ad datam potentiam evehendo aut ex eadem radicem extrahendo. Eſt enim

$$b^2 = b^2y^2 + 2bcy^3 + c^2y^4 + 2cdy^5 \\ + 2bdy^4 + 2bey^5 \\ + d^2y^6 \text{ \&c.} \\ + 2cey^6 \text{ \&c.} \\ + 2bfy^6 \text{ \&c.}$$

$$b^3 = b^3y^3 + 3b^2cy^4 + 3bc^2y^5 + c^3y^6 \text{ \&c.} \\ + 3bdy^5 + 6bcdy^6 \text{ \&c.} \\ + 2b^2ey^6 \text{ \&c.}$$

$$b^4 = + b^4y^4 + 4b^3cy^5 + 6b^2c^2y^6 \text{ \&c.} \\ + 4b^3dy^6 \text{ \&c.}$$

$$b^5 = + b^5y^5 + 5b^4cy^6 \text{ \&c.}$$

$$b^6 = + b^6y^6 \text{ \&c.}$$

Hos ergo valores ſi in formula $a^m + \frac{m}{1} a^{m-1} b + \frac{m.m-1}{1.2} a^{m-2} b^2 + \frac{m.m-1.m-2}{1.2.3} a^{m-3} b^3$ &c. ſubſtituas & terminos homogeneos, in quibus nempe eadem potentia ipſius y occurrit, decenter coordines; prodibit formula pro infinitinomio:

a^m

$$a^m$$
$$+\frac{m}{1}a^{m-1}by$$
$$\left.\begin{aligned}&+\frac{m.m-1}{1.2}a^{m-2}b^2\\&+\frac{m}{1}a^{m-1}c\end{aligned}\right\}y^2$$
$$\left.\begin{aligned}&+\frac{m.m-1.m-2}{1.2.3}a^{m-3}b^3\\&+\frac{m.m-1}{1.1}a^{m-2}bc\\&+\frac{m}{1}a^{m-1}d\end{aligned}\right\}y^3$$
$$\left.\begin{aligned}&+\frac{m.m-1.m-2.m-3}{1.2.3.4}a^{m-4}b^4\\&+\frac{m.m-1.m-2}{1.2.1}a^{m-3}b^2c\\&+\frac{m.m-1}{1.2}a^{m-2}c^2\\&+\frac{m}{1}.\frac{m-1}{1}a^{m-2}bd\\&+\frac{m}{1}a^{m-1}e\end{aligned}\right\}y^4$$
$$\left.\begin{aligned}&+\frac{m.m-1.m-2.m-3.m-4}{1.2.3.4.5}a^{m-5}b^5\\&+\frac{m.m-1.m-2.m-3}{1.2.3.1}a^{m-4}b^3c\\&+\frac{m.m-1.m-2}{1.2.1}a^{m-3}b^2d\\&+\frac{m.m-1.m-2}{1.2.1}a^{m-3}bc^2\\&+\frac{m.m-1}{1.1}a^{m-2}cd\\&+\frac{m.m-1}{1.1}a^{m-2}be\\&+\frac{m}{1}a^{m-1}f\end{aligned}\right\}y^5$$
$$\left.\begin{aligned}&+\frac{m.m-1.m-2.m-3.m-4.m-5}{1.2.3.4.5.6}a^{m-6}b^6\\&+\frac{m.m-1.m-2.m-3.m-4}{1.2.3.4.1}a^{m-5}b^4c\\&+\frac{m.m-1.m-2.m-3}{1.1.1.4}a^{m-4}b^2c^2\\&+\frac{m.m-1.m-2.m-3}{1.2.3.1}a^{m-4}b^3d\\&+\frac{m.m-1.m-2}{1.2.3}a^{m-3}c^3\\&+\frac{m.m-1.m-2}{1.1.1}a^{m-3}bcd\\&+\frac{m.m-1.m-2}{1.1.3}a^{m-3}b^2e\\&+\frac{m.m-1}{1.2}a^{m-2}d^2\\&+\frac{m.m-1}{1.1}a^{m-2}ce\\&+\frac{m.m-1}{1.1}a^{m-2}bf\\&+\frac{m}{1}a^{m-1}g\end{aligned}\right\}y^6$$

&c. &c. in infin.

COROLLARIUM 4.

103. Eodem modo patet, ſi infinitinomium fuerit $ay+by^2+cy^3+dy^4+ey^5+fy^6$ &c. ad dignitatem m evehendum

dum; in ſerie antecedente tantum omnes terminos multiplicandos eſſe per y^m, ita ut unciæ retineantur eædem iidemque coëfficientes, dignitates vero ipſius y ſint $y^m + y^{m+1} + y^{m+2} + y^{m+3} + y^{m+4} + y^{m+5} + y^{m+6}$ &c.

SCHOLION 5.

104. *Conſtat adeo, idem theorema, quod pro binomio dedimus, etiam infinitinomio ad dignitatem deſideratam evehendo ſufficere. Tyrones illud ſub initium ſtudii analytici prætermittant, donec inferius in analyſi infinitorum eodem opus habuerint. Immo infinitinomium ad poteſtatem determinatam facile evehitur per formulas ſpeciales ſuperius allatas. E. gr. Sit* $hx + ix^2 + kx^3 + lx^4 + mx^5 +$ &c. *evehenda ad dignitatem ſecundam: cum* $(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$,

erit $h^2x^2 + 2hix^3 + i^2x^4$
$+ 2hkx^4 + 2ikx^5 + k^2 x^6$ &c.
$+ 2hlx^5 + 2 ilx^6$ &c.
$+ 2hmx^6$ &c.

(§. 265 Arithm.). *Nimirum primo ſumuntur duo tantummodo termini, veluti hic* $hx + ix^2$ *& quæritur ejus potentia deſiderata, veluti hic ſecunda. Deinde* $hx + ix^2$, *habentur pro termino uno,* kx^3 *pro altero, atque ſic denuo per formulam binomii determinatur potentia deſiderata, veluti hic ſecunda. Porro* $hx + ix^2 + kx^3$ *ſumuntur pro termino uno &* lx^4 *pro altero, & ita porro. Quæ eadem ſeries invenitur, ſi in generali (§. 102) fiat* $m = 2$, $y = x$, $a = h$, $b = i$, $c = k$, $d = l$, $e = m$, &c. *Eſt enim*;

$$a^m y^m = h^2 x^2$$

$$\frac{m}{1} a^{m-1} b y^{m+1} = 2hix^3$$

$$\frac{m.\,m-1}{1.\ 2} a^{m-2} b^2 y^{m+2} = \frac{2}{2} h^0 i^2 x^4 = i^2 x^4.$$

$$\frac{m}{1} a^{m-1} c y^{m+2} = 2hkx^4 \text{ \&c.}$$

SCHOLION 6.

105. *Cæterum notetur artificium, quo caſus infiniti, immo infinities infiniti, ad regulam eandem reducuntur.*

PROBLEMA 25.

106. *Determinare ſummam termini primi & ultimi in progreſſione arithmetica.*

Sit terminus primus *a*, differentia terminorum ſive creſcentium, ſive decreſcentium *d*, erit (§. 333 *Arithm.*).

$a.\ a+d.\ a+2d.\ a+3d.\ a+4d$

$$\frac{a+4d}{2a+5d} \qquad \frac{a+2d}{2a+5d} = \frac{a+5d}{\frac{a}{2a+5d}}$$

Item:

$a, \; a+d. \; a+2d. \; a+3d, \; a+4d$
$\;\; a+3d \quad\; a+2d \quad\; a$
$\overline{2a+4d} \; \overline{2a+4d} \; \overline{2a+4d}$

Theorema. In progreſſione arithmetica tam creſcente, quam decreſcente, ſumma termini primi & ultimi æqualis eſt ſummæ duorum quorumlibet mediorum ab extremis æquidiſtantium aut medii duplo, ſi numerus terminorum impar.

E. gr. 3. 6. 9. 12. 15. 18. 21.
$\qquad\qquad\quad$ 12 9 6 3
$\overline{24 = 24 = 24 = 24}$

COROLLARIUM 1.

107. Habetur ergo ſumma progreſſionis arithmeticæ, ſi ſumma termini primi & ultimi ducatur in dimidium terminorum numerum.

COROLLARIUM 2.

108. Quodſi adeo ſit terminus primus a, differentia d, numerus terminorum n, erit ultimus $a+(n-1)d$ (§. 333 *Arithm.*), conſequenter ſumma progreſſionis $\frac{1}{2}n\,(2a+(n-1)d)$ (§. 107) $= an + \frac{1}{2}(n^2-n)\,d$. Ex datis itaque termino primo a, differentia d & numero terminorum n invenitur ſumma progreſſionis, ſi facto ex termino primo in numerum terminorum addatur factum ex differentia eorundem in ſemidifferentiam numeri terminorum a quadrato ejusdem. E. gr. Sit $a=3$, $n=7$, $d=3$, erit ſumma $=21+\frac{49-7}{2}\cdot 3 = 21+\frac{42}{2}\cdot 3 = 21+21\cdot 3 = 21+63 = 84$.

SCHOLION.

109. *Notent tyrones regulas ex ſymbolis eruturi, ab initio gradatim eſſe progrediendum, exprimendo nempe ſigillatim quodlibet ſymbolum per rem denotatam & quamlibet operationem ſignis repræſentatam per nomina convenientia. E. gr. in* an *eſt* a *terminus primus &* n *numerus terminorum*, ex hypoth. *Sed* an *eſt factum ex* a *in* n (§. 8). *Ergo pro* an *ſubſtituitur in regula factum ex termino primo in numerum terminorum. Porro* n^2 *eſt quadratum ipſius* n (§. 254 Arithm.). *Sed* n *eſt numerus terminorum: ergo* n^2 *quadratum numeri terminorum. Signum* — *indicat ſubtractionem* (§. 8). *Quare* n^2-n *differentia numeri terminorum ab ejus quadrato &* $\frac{1}{2}(n^2-n)$ *ſemidifferentia iſta. Porro* d *eſt differentia terminorum* ex hypoth. *adeoque* $\frac{1}{2}(n^2-n)\,d$ *factum ex illa ſemidifferentia in differentiam terminorum. Denique ſignum* + *indicat facta hactenus explicata eſſe addenda. Hac quidem ſyllabizatione opus habent, qui ſine mora ſymbolicas expreſſiones quantitatum ſibi familiares reddere geſtiunt.*

COROLLARIUM 3.

110. Sit $a=1$, $d=2$, hoc eſt, ſit ſeries numerorum imparium 1. 3. 5. 7 &c. erit ſumma $=n+n^2-n$ (§. 108) $=n^2$

$= n^2$ (§. 21). Patet adeo numeros quadratos prodire continua numerorum imparium additione, conſequenter differentias numerorum quadratorum eſſe numeros impares: id quod ſupra alia ratione fuit demonſtratum (§. 83).

COROLLARIUM 4.

111. Sit $a = n = \frac{1}{2} d$, erit ſumma $= n^2 + n^3 - n^2$ (§. 108) $= n^3$ (§. 21). Quilibet adeo cubus reſolvitur in progreſſionem arithmeticam, cujus terminus primus, ſemidifferentia & numerus terminorum ſunt radici ejus æquales. Ita $8 = 2 + 6$, $27 = 3 + 9 + 15$, $64 = 4 + 12 + 20 + 28$.

SCHOLION.

112. *Patet modus ex formulis algebraicis eruendi theoremata ſpecialia, qui continetur ſub problemate logico de ſpecierum notionibus ex notione generis formandis* (§. 712 Log.).

DEFINITIO 4.

113. *Denominator* rationis eſt quotus ex diviſione termini majoris per minorem emergens.

COROLLARIUM 1.

114. Major ergo prodit, minore per denominatorem multiplicato (§. 212 *Arithm.*): minor vero habetur, majore per denominatorem diviſo (§. 210 *Arithm.*). Unde ſi terminus minor a, denominator m, erit major ma; ſi terminus major a, minor erit $\frac{a}{m}$. Quare $a : ma$ exprimit rationem minoris inæqualitatis; $a : \frac{a}{m}$ vero rationem majoris (§. 133 *Arithm.*). Immo quoniam $\frac{a}{m} = a \cdot \frac{1}{m}$ (§. 43); ſi m, explicetur per fractionem, cujus numerator unitas, denominator idem cum denominatore rationis, $a : ma$ rationem quamcunque deſignat.

COROLLARIUM 2.

115. Quia in ratione majoris inæqualitatis antecedens major conſequente (§. 133 *Arithm.*); ejus denominator idem eſt cum exponente (§. 136 *Arithm.*).

COROLLARIUM 3.

116. In ratione minoris inæqualitatis exponens rationis $\frac{a}{ma}$ (§. 136 *Arithm.* & §. 114 *Analyſ.*), hoc eſt, $\frac{1}{m}$ (§. 231 *Arithm.*). Æquatur ergo fractioni, cujus numerator unitas, denominator idem cum denominatore rationis.

SCHOLION.

117. *Exponens & denominator rationis Auctoribus voces ſynonymæ ſunt. Aliter vero veteres, aliter recentiores exponentem definiunt. Nos veterum definitionem retinuimus in Arithmetica* (§. 136), *tum quod naturam rationis clare*

clare explicet; tum quod ad demonſtrandum utilis. Etenim ſi rationis 2 : 3 exponens dicatur $\frac{2}{3}$; inde intelligitur, antecedentem terminum eſſe æqualem duabus tertiis conſequentis, adeoque pro menſura, qua utrumque metimur, aſſumi tertiam conſequentis partem. Hinc vero clarius cognoſcitur rationis hujus natura, quam ſi cum recentioribus nonnullis dicas, exponentem eſſe $1\frac{1}{2}$: *quod innuit, antecedentem in conſequente contineri* $1\frac{1}{2}$. *Recentiores vero exponentem rationis eodem modo definientes, quo denominatorem definimus, ideo eundem exponentem conſtituunt rationum majoris & minoris inæqualitatis* (§. 115), *quod nomen etiam in caſu poſteriori ſuggerat* (§. 147 Arithm.) *& demonſtrationibus analyticis commodior videatur: quem in finem nos exponentis loco nunc denominatorem aſſumimus.*

PROBLEMA 30.

118. *Determinare factum ex termino primo in ultimum progreſſionis geometricæ.*

Sit terminus primus a, denominator m; erit progreſſio (§. 332 *Arithm.* & §. 114 *Analyſ.*).

$$a.\ ma.\ m^2a.\ m^3a.\ m^4a.\ m^5a.\ m^6a.$$

$$\begin{array}{cccc} m^5a & m^3a & m^2a & a \\ \hline m^6a^2 = & m^6a^2 = & m^6a^2 = & m^6a^2 \end{array}$$

Theorema. In progreſſione geometrica factum extremorum æquatur facto mediorum ab extremis æquidiſtantium, itemque medii quadrato, ſi numerus terminorum impar.

$$\begin{array}{cccccc} \text{E. gr. } 3. & 6. & 12. & 24. & 48. & 96 \\ & & & 12 & 6 & 3 \\ \hline & & & 288 = & 288 = & 288 \end{array}$$

PROBLEMA 31.

119. *Determinare quotum ex diviſione differentiæ terminorum primi ac ultimi per denominatorem unitate mulctatum emergentem.*

Sit terminus primus a, denominator m, numerus terminorum n; erit terminus ultimus $m^{n-1}a$, differentia primi & ultimi $m^{n-1}a - a$. Hæc ſi dividatur per $m-1$, erit quotus $m^{n-2}a + m^{n-3}a + m^{n-4}a + m^{n-5}a + m^{n-6}a + m^{n-7}a$ &c.

$$m-1)\ m^{n-1}a - a\ (m^{n-2}a + m^{n-3}a + m^{n-4}a + m^{n-5}a + m^{n-6}a + m^{n-7}a \text{ \&c.}$$

$$m^{n-1}a - m^{n-2}a$$

$$+m^{n-2}a - a$$

$$m^{n-2}a - m^{n-3}a$$

$$+m^{n-3}a - a$$

$$m^{n-3}a - m^{n-4}a$$

$$+m^{n-4}a - a$$

$$m^{n-4}a - m^{n-5}a$$

$$+m^{n-5}a - a$$

 m^{n-5}

$$\frac{m^{n-5}a - m^{n-6}a}{+m^{n-6}a - a}$$

&c.

Quodſi n determinetur, e. gr. per 7, erit $n-7=o$, conſequenter $m^{n-7}a = m^{\circ}a = a$, adeoque diviſio terminatur. Unde patet

Theorema 1. Si differentia termini primi & ultimi progreſſionis geometricæ dividatur per denominatorem unitate mulctatum, quotus eſt ſumma omnium terminorum excepto maximo.

Et cum ſit $m-1 : 1 = m^{n-1}a - a : m^{n-2}a + m^{n-3}a$ &c. $+a$ (§. 174. 169 *Arithm.*); patet porro

Theorema 2. In progreſſione geometrica eſt ut denominator unitate mulctatus ad unitatem ita differentia termini maximi & minimi ad ſummam omnium terminorum excepto maximo.

COROLLARIUM 1.

120. Quodſi ergo quoto ex diviſione differentiæ termini maximi & minimi per denominatorem unitate mulctatum emergenti maximus addatur; ſumma totius progreſſionis habetur.

COROLLARIUM 2.

121. Sit adeo terminus primus a, denominaror m, numerus terminorum n, erit terminus ultimus ſeu maximus $m^{n-1}a$, adeoque ſumma $m^{n-1}a + (m^{n-1}a - a) : (m-1) = (m^n a - m^{n-1}a + m^{n-1}a - a) : (m-1)$ (§. 235 *Arithm.*) $= (m^n a - a) : (m-1)$ (§. 21), conſequenter ſi eadem ſumma dicatur $ſ$, $m-1 : m^n - 1 = a : ſ$, (§. 302 *Arithm.*). Eſt adeo terminus primus (ſeu minimus) progreſſionis ad ejus ſummam ut denominator unitate mulctatus ad ejus dignitatem, cujus exponens numero terminorum æqualis, unitate iridem mulctatam. Sit e. gr. $m=2$, $a=1$, $n=8$, erit ſumma $(256-1) : 1 = 255$.

COROLLARIUM 3.

122. Quoniam ſi terminus primus a, denominator m; terminus ultimus $m^{n-1}a$, ſumma $(m^n a - a) : (m-1)$ (§. 121): erit differentia inter terminum ultimum & ſummam $(m^{n-1}a - a) : (m-1)$ & differentia inter primum & ſummam

$$\frac{m^n a - a}{m-1} - a = \frac{m^n a - a - ma + a}{m-1}$$

(§. 235 *Arithm.*) $= \dfrac{m^n a - a}{m-1}$ Eſt ergo differentia prior ad poſteriorem ut $(m^{n-1}a - a) : (m-1)$ ad $(m^n a - ma) : (m-1)$, hoc eſt, ut $m^{n-1}a - a$ ad $m^n a - ma$ (§. 178 *Arithm.*), hoc eſt, ut 1 ad m (§. 181 *Arithm.*, ſeu ut unitas ad denominatorem.

COROLLARIUM 4.

123. Quare ſi differentia inter terminum primum & ſummam dividatur per differentiam inter ſummam & terminum ultimum; quotus eſt denominator (§. 69 *Arithm.*).

PROBLEMA 32.

124. *Inveſtigare rationum ſymptomata.*

Non

Non alia re opus eſt, quam ut termini analytice exprimantur (§. 114) & tentatis quotlibet mutationibus exploretur, utrum duarum rationum exponentes ſint æquales nec ne, (§. 149 *Arithm.*). Sint itaque duæ quantitates a & ma; erit

I. $$\frac{a:ma}{c \quad c} \qquad ac:mac = a:ma$$

II. $$\frac{a:ma}{c \quad c} \qquad \frac{a}{c}:\frac{ma}{c} = a:ma$$

III. $$\frac{a:ma \quad b:mb}{} \qquad a-b:ma-mb = a:ma = b:mb$$

IV. $$\frac{a \quad ma \quad b \quad mb}{} \qquad a+b:ma+mb = a:ma = b:mb$$

Sit porro

$$a:ma = b:mb$$

erit alternatim $a:b = ma:mb$

inverſe $ma:a = mb:b$

converſim $a+ma:a = b+mb:b$

compoſite $a+ma:ma = b+mb:mb$

Diviſim $ma-a:a = mb-b:b$

$ma-a:ma = mb-b:mb$

Item: $a^n : m^n a^n = b^n : m^n b^n$

$$a:mac = b:mbc$$

$$a:\frac{ma}{c} = b:\frac{mb}{c}$$

$$ac:ma = bc:mb$$

$$\frac{a}{c}:ma = \frac{b}{c}:mb$$

$$ac:mac = b:mb$$

$$\frac{a}{c}:\frac{ma}{c} = b:mb$$

$$ac:mac = bd:mbd$$

$$\frac{a}{c}:\frac{ma}{c} = \frac{b}{d}:\frac{mb}{d}$$

$$ac:mad = bc:mbd$$

$$\frac{a}{c}:\frac{ma}{d} = \frac{b}{c}:\frac{mb}{d}$$

Sit ordinate $a:ma = b:mb$

& $ma:mna = mb:mnb$

erit ex æquo $a:mna = b:mnb$

Sit perturbate $a:ma = b:mb$

& $ma:mna = b:\frac{b}{n}$

erit ex æquo $a:mna = \frac{b}{n}:mb$

Ipſæ nimirum expreſſiones, ſi quoti reducentur per regulas fractionum,

ctionum, rationum ſimilitudinem in omnibus loquuntur. E. gr. $ac : mac = 1 : m$ & $b : mb = 1 : m$. En utrobique exponentem eundem $1 : m$!

COROLLARIUM.

125. Cum ſit in progreſſione geometrica $m - 1 : 1 = m^{n-1}a - a : m^{n-2}a + m^{n-3}a + m^{n-4}a$ &c. $+ a$ (*th. 2. §. 119*), ſit vero $m - 1 : 1 = ma - a : a$ (§. 124 *n. 1.*); $ma - a : a = m^{n-1}a - a : m^{n-2}a + m^{n-3}a + m^{n-4}a$ &c. $+ a$, hoc eſt, exceſſus termini ſecundi ſupra primum eſt ad primum ut exceſſus ultimi ſive maximi ſupra primum ad ſummam omnium terminorum demto maximo.

PROBLEMA 83.

126. *Inveſtigare ſymptomata progreſſionum geometricarum ab unitate incipientium.*

Si terminus primus eſt unitas, ſecundus idem eſt cum denominatore rationis (§. 114). Eſt vero terminus ſecundus vel numerus primus, vel compoſitus & in caſu altero vel quadratus, vel potentia alia cujuscunque ordinis, vel nulla.

Cum numerus primus in ſe non poſſit dividi niſi per unitatem ſolam (§. 75 *Arithm.*), charactere primitivo m recte exprimitur. Unde emergit ſeries in ratione geometrica progredientium:

$1.\ m.\ m^2.\ m^3.\ m^4.\ m^5.\ m^6.$ &c.

Quoniam termini omnes prodeunt continuata multiplicatione ſecundi in ſeipſum (§. 334 *Arith.*); per nullum quoque numerum primum dividi poſſunt exacte niſi per ſecundum, ſeu nullus numerus primus terminos metitur præter ſecundum. In formula generali idem ad oculum patet: etenim $m^2\ m^3\ m^4\ m^5\ m^6$ &c. non poſſe dividi niſi per m, patet (§. 54). Et cum terminus ſecundus in hoc caſu ſit potentia prima, termini ſequentes ſint potentiæ continuo ordine progredientes ejusdem numeri (§. 254 *Arithm.*); terminus quilibet major dividi poteſt per quemlibet minorem, ſed per nullum alium (§. 54). Habemus adeo

Theorema 1. Si numerorum ab unitate continue proportionalium proximus unitati primus eſt, maximum nullus alius metitur præter eos, qui ſunt in ſerie, conſequenter nec primus alius, niſi ſecundus ſeu ab unitate proximus.

Et quoniam in omni caſu numerorum ab unitate continue proportionalium termini ultra ſecundum ſunt potentiæ continuo ordine progredientes ejusdem termini ſecundi, qui communis omnium radix eſt (§. 334. 254 *Arithm.*); igitur in genere patet

The-

Theorem 2. In ſerie numerorum ab unitate continue proportionalium minor quilibet quemlibet majorem metitur per aliquem numerum, qui eſt in ſerie.

Cum terminus compoſitus exacte dividi poſſit per numerum alium præter unitatem (§.76 *Arith.*); exprimetur idem per mn. Quare ſi in progreſſione geometrica ab unitate incipiente terminus ſecundus ſit mn; erit ſeries

$$1.\ mn.\ m^2n^2.\ m^3n^3.\ m^4n^4.\ m^5n^5.\ m^6n^6 \ \&c.$$

atque adeo patet numeros primos m & n, qui metiuntur ſecundum terminum, metiri quoque ceteros omnes, nec præter eos alium quendam numerum primum ceterorum quemcunque metiri. Unde habemus

Theorema 3. Si ab unitate fuerint numeri quotcunque continue proportionales, primus numerus, qui metitur ultimum, metietur & unitati proximum ac omnes intermedios.

In utraque ſerie exponens termini ſecundi eſt 1, tertii 2, quarti 3, quinti 4 &c. conſequenter exponens in loco impari eſt numerus par, in loco pari eſt impar, & quidem in loco quarto ſeu a ſecundo tertio exponens eſt ternarius, & duobus locis intermiſſis ſequitur continuo numerus per ternarium diviſibilis, ſeu quem ternarius metitur. Similiter in loco ſeptimo ſeu a ſecundo ſexto exponens ſenarius eſt & quinque locis intermiſſis continuo ſequitur exponens, quem ſenarius metitur. Singula hinc intuitive patent, quod exponentes ex continua unitatis additione naſcantur. Hiſce vero notatis prodit

Theorema 4. Si numeri quotcunque fuerint ab unitate continue proportionales, ſecundus (unitate ſecluſa) quadratus erit & uno intermiſſo omnes: tertius autem cubus eſt, & duobus intermiſſis omnes: ſextus vero cubus ſimul & quadratus & quinque intermiſſis omnes.

Si terminus primus fuerit unitas, ſecundus numerus quadratus, vel cubus, vel potentia cujuscunque gradus, erunt ſeries

$$1.\ m^2.\ m^4.\ m^6.\ m^8.\ m^{10}.\ m^{12} \ \&c.$$
$$1.\ m^3.\ m^6.\ m^9.\ m^{12}.\ m^{15}.\ m^{18} \ \&c.$$
$$1.\ m^n.\ m^{2n}.\ m^{3n}.\ m^{4n}.\ m^{5n}.\ m^{6n} \ \&c.$$

Quoniam in qualibet ſerie termini continuo prodeunt multiplicatione per ſecundum, exponens ſecundi continuo additur exponenti termini cujuscunque dati, ut prodeat proxime ſequens (§. 54), conſequenter cum ex-

exponentes omnium terminorum, qui a ſecundo ſequuntur, ſint multipli exponentis termini ſecundi, per ſecundi quoque termini exponentem dividi poſſunt, conſequenter omnes termini ſunt dignitates ejus gradus, cujus dignitas eſt ſecundus (§. 56). Habemus itaque

Theorema 5. Si in ſerie continue proportionalium ab unitate numerorum terminus ſecundus ſeu ab unitate primus eſt quadratus, reliqui omnes quadrati erunt; ſi idem fuerit cubus, reliqui etiam omnes cubi erunt; ſi idem fuerit dignitas cujuscunque gradus, quarti, quinti, ſexti &c. reliqui etiam omnes erunt dignitates ejusdem gradus, quarti, quinti, ſexti &c.

SCHOLION.

127. *Patet adeo, per calculum literalem faciliime ſymptomata rationum & progreſſionum geometricarum ab unitate incipientium vel ignorata, vel oblivioni tradita reperiri.*

PROBLEMA 34.

128. *Invenire rationem ſuperficierum atque corporum in geometria elementari explicatorum.*

Sit parallelogrammorum & triangulorum altitudo communis a, baſes ſint b & c: erunt illorum areæ ab & ac (§. 375. 387 *Geom.*), horum $\frac{1}{2}ab$ & $\frac{1}{2}ac$ (§. 392 *Geom.*). Sunt ergo ut ab ad ac, hoc eſt, ut b ad c (§. 181 *Arithm.*).

Theorema 1. Parallelogramma & triangula æque alta baſium rationem habent.

Eodem modo invenitur

Theorema 2. Parallelogramma & triangula æqualium baſium ſunt in ratione altitudinum.

Sit diameter circuli a, peripheria ma (§. 114): erit quadratum diametri a^2, area circuli $\frac{1}{4}ma^2$ (§. 429 *Geom.*). Eſt ergo illud ad hanc ut a^2 ad $\frac{1}{4}ma^2$, hoc eſt, ut a ad $\frac{1}{4}ma$ (§. 181 *Arithm.*).

Theorema 3. Quadratum diametri eſt ad aream circuli, ut diameter ad quartam peripheriæ partem.

Sint baſes parallelogrammorum & triangulorum ſimilium a & b, altitudines ma & mb (§. 114 *Anal.* & §. 396 *Geom.*): erunt areæ ut ma^2 ad mb^2 (§. 375. 387. 392 *Geom.*), hoc eſt, ut a^2 ad b^2 (§. 124).

Theorema 4. Parallelogramma & triangula ſimilia ſunt ut quadrata baſium; ſeu (quia quodlibet latus pro baſi aſſumi poteſt §. 113 *Geom.*) ut quadrata laterum homologorum.

Sint baſes parallelepipedorum, priſmatum, cylindrorum, pyramidum, conorum, a & b, altitudo communis c: erunt corpora iſta

ut

Digitized by Google

ut *ac* ad *bc* (§. 536. 539. 541. 548 *Geom.)*, hoc eſt, ut *a* ad *b* (§. 113) Eodem modo *c* aſſumi poteſt pro baſi communi ita ut *a* & *b* ſint altitudines.

Theorema 5. Parallelepipeda, priſmata, cylindri, pyramides & coni ejusdem altitudinis baſium rationem habent; eandem vero baſin habentes ſunt in ratione altitudinum.

Non abſimili modo alia hujus generis theoremata inveſtigantur.

PROBLEMA 35.

129. *Invenire, quoties quantitates quotlibet permutari queant, hoc eſt, ordo earum variari poſſit.*

Sint quantitates duæ *a* & *b*. Cum aut ſcribi poſſit *ab*, aut *ba*; patet eſſe numerum variationum 2 = 2. 1. Sint tres quantitates *a*, *b*, *c*. Ordines earum erunt

cab
acb
abc

---

cba
bca
bac

id quod patet, *c* primum cum *ab*, dein cum *ba* combinando. Unde numerus variationum 3. 2. 1 = 6.

Quodſi quantitates fuerint quatuor, una quælibet quatuor modis combinari poteſt cum quolibet ordine trium: unde numerus variationum emergit 6. 4 = 4. 3. 2. 1 = 24.

Similiter ſi quantitates fuerint quinque, unaquælibet juncta cum quolibet ordine quatuor quantitatum pariet variationes 5. Unde numerus omnium variationum 24. 5 = 5. 4. 3. 2. 1. Quare ſi numerus quantitatum fuerit *n*; erit numerus variationum *n*. *n* — 1. *n* — 2. *n* — 3. *n* — 4. *n* — 5 &c.

Si eadem quantitas bis occurrat; reperietur variatio duorum *bb*; trium *bab*, *abb*, *bba*, quatuor *cbab*, *bcab*, *babc* &c. adeoque numerus variationum in caſu primo 1 = (2. 1): 2. 1, in ſecundo 3 = (3. 2. 1): 2. 1, in tertio 12 = (4. 3. 2. 1): 2. 1. Quodſi litera quinta accedat, in quolibet ordine quantitatum quatuor pariet variationes quinque: unde numerus omnium variationum 60 = (5. 4. 3. 2. 1): 2. 1. Hinc intelligitur, ſi numerus quantitatum ſit *n*; fore omnium variationum numerum (*n*. *n* — 1. *n* — 2. *n* — 3. *n* — 4 &c.): 2. 1.

Si eadem quantitas ter occurrat, erit in tribus nulla variatio; in quatuor variationes ſunt *baaa*, *abaa*, *aaba*, *aaab*, adeoque numerus

merus variationum $4=(4.3.2.1):3.2.1$. Quinta ſi accedat, in quolibet ordine quatuor quantitatum quinque variationes pariet: unde numerus omnium variationum $(5.4.3.2.1):3.2.1$. Eodem modo, ſi ſexta aſſumatur, reperietur numerus variationum $(6.5.4.3.2.1):3.2.1$. Unde colligitur, ſi numerus quantitatum ſit n, fore numerum omnium variationum $(n.n-1.n-2.n-3.n-4.n-5\ \&c.):3.2.1$.

Si eadem quantitas quater occurrat, erit in quatuor variatio nulla. Quodſi vero quinta accedat, variationes ſunt *baaaa*, *abaaa*, *aabaa*, *aaaba*, *aaaab*. Quare numerus variationum eſt $5=(5.4.3.2.1):4.3.2.1$. Si ſexta aſſumatur, in quolibet ordine quantitatum quinque variationes ſex pariet, adeoque numerus variationum $30=(6.5.4.3.2.1):4.3.2.1$. Unde conſtat, ſi numerus quantitatum ſit n, fore numerum omnium variationum $n.n-1.n-2.n-3.n-4.n-5.\&c.):4.3.2.1$.

Ex his formulis ſpecialibus colligitur generalis. Nempe ſi n denuo ſit quantitatum numerus, m numerus, qui indicat, quoties eadem quantitas occurrit: erit $(n.n-1.n-2.n-3.n-4.n-5.n-6.n-7.n-8.n-9\ \&c.):(m.m-1.m-2.m-3.m-4.m-5.m-6\ \&c.)$. Nimirum ſeries continuanda, donec continua unitatis ſubtractio ex n & m relinquat o.

Eodem modo ulterius progredi licet, tandemque reperietur, ſi numerus quantitatum fuerit n, numeri, qui indicant, quoties earum aliquæ repetuntur, ſint l, m, r &c. formula univerſaliſſima $(n.n-1.n-2.n-3.n-4.n-5.n-6\ \&c.):(l.l-1\ l-2.l-3.l-4\ \&c.\ m.m-1.m-2.m-3.\&c.\ r.r-1.r-2.r-3.r-4.r-5.\&c.)$. E. gr. ſit $n=6$, $l=3$, $m=3$, $r=0$; erit numerus variationum $(6.5.4.3.2.1):(3.2.1.3.2.1)=(6.5.4):(3.2)=2.5.2=20$.

SCHOLION 1.

130. *Ponamus menſæ aſſidere* 13 *perſonas. Quodſi quæratur, quoties loca permutare poſſint; reperietur numerus variationum* $13.12.11.10.9.8.7.6.5.4.3.2.1=6,227,020,800$.

SCHOLION 2.

131. *Si vox aliqua ex litteris non nimis multis componatur; eadem methodo, qua in reſolutione problematis uſi ſumus,*

Digitized by Google

ſumus, inveniri poſſunt ſine meditatione omnia anagrammata in omnibus linguis poſſibilia. E. gr. inveniri debent anagrammata vocis amor. *Erunt variationes poſſibiles*

a	omra	oram
—		
ma	omar	oarm
	—	
am	rmoa	oamr
—		—
oma	mroa	raom
moa	mora	arom

mao	moar	aorm
—	—	
oarn	rmao	aomr
		—
aom	mrao	ramo
amo	maro	armo
—		
roma	maor	amro
	—	
orma	raom	amor

Sunt adeo anagrammata vocis amor *in lingua latina* Roma, mora, Maro, oram, ramo, armo.

Sectio II.

DE ALGEBRA

CAPUT I.

De

ALGEBRA AD PROBLEMATA ARITHMETICA EAQUE DETERMINATA APPLICATA.

DEFINITIO 5.

132. *Algebra* eſt methodus reſolvendi problemata per æquationes.

DEFINITIO 6.

133. *Æquatio* eſt expreſſio ejuſdem quantitatis per duos valores diverſos, ſed æquales, e. gr. $2.3 = 4 + 2$. *Stifelius* (c) definit eam per rationem æqualitatis inter duos terminos diverſimode denominatos.

DEFINITIO 7.

134. *Radix æquationis* eſt valor

Uu 3 quan-

(c) in Arithmet, integra lib. 3. c. 1. p. 228. b.

quantitatis incognitæ, quæ æquationem ingreditur. E. gr. ſi fuerit $a^2 + b^2 = x^2$; radix erit $\sqrt{(a^2 + b^2)}$.

DEFINITIO 8.

135. Si valor ipſius x fuerit poſitivus, e. gr. $x = 3$; *Radix* dicitur *vera*.

DEFINITIO 9.

136. Si valor ipſius x fuerit negativus, e. gr. $x = -5$, *Radix* dicitur *falſa*.

DEFINITIO 10.

137. Si valor ipſius x fuerit *radix* quantitatis negativæ, e. gr. $\sqrt{-5}$, *imaginaria* appellatur (§. 71).

DEFINITIO 11.

138. *Æquatio* dicitur ſimplex, ſi quantitas incognita fuerit unius dimenſionis, e. gr. ſi $x = (a + b) : 2$.

DEFINITIO 12.

139. *Æquatio* dicitur *quadratica*, ſi quantitas incognita ad duas dimenſiones aſſurgit, ut $x^2 = a^2 + b^2$: *cubica*, ſi ad tres, ut $x^3 = a^3 - b^3$ &c.

SCHOLION.

140. *In hac ſectione tantum de æquatione ſimplici & quadratica agimus.*

PROBLEMA 36.

141. *Problema datum Algebraice reſolvere.*

RESOLUTIO.

1. Quantitates datæ a quæſitis diſtinguantur & datæ primis, quæſitæ ultimis alphabeti litteris denominentur (§. 3).
2. Quærantur tot æquationes, quot quantitates incognitæ occurrunt: quod ſi fieri nequeat, id indicio eſt, *problema* non eſſe *determinatum*, ſed unam vel plures quæſitarum pro arbitrio aſſumi poſſe. Inveniuntur autem æquationes, niſi in ipſo problemate contineantur, per theoremata de æqualitate quantitatum agentia.
3. Quoniam in æquatione quantitates incognitæ cognitis ſunt permixtæ; ea reducenda eſt, ita ut ex una parte tantum compareat quantitas incognita una, ex altera vero meræ cognitæ deprehendantur. Inſtituitur autem hæc reductio, ſi quantitates ſubductæ addantur, additæ ſubtrahantur, multiplicatæ dividantur, diviſæ multiplicentur, e potentiis radices extrahantur, radices ad potentias evehantur, ut perpetua æqualitas conſervetur (§. 88. 91. 93. 94. 256 *Arithm.*).

SCHO-

Digitized by Google

SCHOLION.

142. *Hæc ſufficiunt pro æquationibus ſimplicibus reducendis; ſed ad altiores aliis adhuc ſubſidiis opus eſt, quæ ſuo loco exponemus, nunc nonniſi extractionem radicis ex æquatione quadratica addituri.*

PROBLEMA 37.

143. *Ex æquatione quadratica radicem extrahere.*

RESOLUTIO.

I. Si æquatio fuerit pura, ut $x^2 = ab$; evidens eſt eſſe $x = \sqrt{ab}$.

II. Si æquatio fuerit affecta, ut $x^2 \mp ax = \mp b^2$; tum x aſſumatur pro una parte radicis, erit a quantitas cognita ſecundi termini duplum partis alterius (§. 261 *Arithm.*), adeoque $\frac{1}{2}a$ pars altera. Complebitur adeo quadratum, ſi addatur $\frac{1}{4}aa$ (§. *cit.*): quo facto, radix extrahi poteſt, ut hic factum eſſe apparet:

Caſus 1.

$$x^2 + ax = b^2$$
$$\tfrac{1}{4}aa \qquad \tfrac{1}{4}aa \text{ add.}$$
$$x^2 + ax + \tfrac{1}{4}a^2 = \tfrac{1}{4}a^2 + b^2$$
$$x + \tfrac{1}{2}a = \sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 + b^2)}$$
$$x = \sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 + b^2)} - \tfrac{1}{2}a$$

Caſus 2.

$$x^2 - ax = b^2$$
$$x^2 - ax + \tfrac{1}{4}a^2 = \tfrac{1}{4}a^2 + b^2$$
$$x - \tfrac{1}{2}a = \sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 + b^2)}$$
$$\tfrac{1}{2}a - x =$$
$$x = \tfrac{1}{2}a + \sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 + b^2)}$$
$$\text{vel } x = \tfrac{1}{2}a - \sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 + b^2)}$$

Quoniam $\sqrt{\tfrac{1}{4}a^2} = \tfrac{1}{2}a$, adeoque $\sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 + b^2)} > \tfrac{1}{2}a$, erit $\tfrac{1}{2}a - \sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 + b^2)}$ valor ipſius x negativus, conſequenter radix falſa (§. 136), atque adeo ſolus valor $\tfrac{1}{2}a + \sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 + b^2)}$ eſt radix vera (§. 135).

Caſus 3.

$$x^2 - ax = -b^2$$
$$\tfrac{1}{4}a^2 \qquad \tfrac{1}{4}a^2 \text{ add.}$$
$$x^2 - ax + \tfrac{1}{4}a^2 = \tfrac{1}{4}a^2 - b^2$$
$$x - \tfrac{1}{2}a = \sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 - b^2)}$$
$$\& \tfrac{1}{2}a - x$$
$$x = \tfrac{1}{2}a + \sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 - b^2)}$$
$$\& x = \tfrac{1}{2}a - \sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 - b^2)}$$

Quoniam $\sqrt{\tfrac{1}{4}a^2} = \tfrac{1}{2}a$, adeoque $\sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 - b^2)} < \tfrac{1}{2}a$, erit $\tfrac{1}{2}a - \sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 - b^2)}$ valor ipſius x poſitivus, conſequenter radix vera (§. 135). Habet adeo in præſente caſu æquatio duas radices veras: cujus rei ratio paulo poſt ex exemplis patebit.

Ceterum ex multiplicatione patet

tet eſſe $(\frac{1}{2}a - x)^2$ perinde ac $(x - \frac{1}{2}a)^2 = x^2 - ax + \frac{1}{4}a^2$.

PROBLEMA 38.

144. *Invenire numerum, cujus pars dimidia cum tertia & quarta numerum integrum unitate ſuperat.*

Si numerus quæſitus x, erit per conditionem problematis

$$\tfrac{1}{2}x + \tfrac{1}{3}x + \tfrac{1}{4}x = x + 1$$

hoc eſt $(12x + 8x + 6x) : 24 = x + 1$

ſeu $\frac{26}{24}x = x + 1$

24. mult.

$$26x = 24x + 24$$

$24x \quad 24x$ Subtr.

$$2x = 24$$

2 div.

$$x = 12$$

Examen. $\frac{1}{2}x + \frac{1}{3}x + \frac{1}{4}x = 6 + 4 + 3 = 13 = 12 + 1$

PROBLEMA 39.

145. *Invenire numerum, cujus partes aliquotæ qualeſcunque & quotcunque ſimul ſumtæ ipſum ſuperant numero dato.*

Sit numerus datus f, quæſitus x, partes aliquotæ $\frac{a}{b}x$, $\frac{c}{d}x$, $\frac{e}{g}x$ &c. Erit per conditionem problematis

$$\frac{a}{b}x + \frac{c}{d}x + \frac{e}{g}x \text{ \&c.} = f + x$$

h. e. $\frac{(adg + bgc + bde)\,x}{bdg} = f + x$ (§. 235 *Arithm.*).

$$\frac{(adg + bgc + bde)\,x}{bdgx} = \frac{fbdg}{bdgx} + \frac{bdg\,x}{bdgx}$$

$$(adg + bgc + bde - bdg)\,x = fbdg$$

$$x = fbdg : (adg + bgc + bde - bdg)$$

ſeu $adg + bgc + bde - bdg : bdg = f : x$

Æquatio ultima hanc ſuppeditat

Regulam: 1. Fractiones datæ reducantur ad eandem denominationem. 2. A ſumma numeratorum ſubtrahatur denominator communis. 3. Per reſiduum dividatur factum ex eodem denominatore in numerum datum. Quotus eſt numerus quæſitus. E. gr. ſit $a : b = \frac{1}{2}$, $c : d = \frac{1}{3}$, $e : g = \frac{1}{4}$, $f = 1$: erit $x = 24 : (12 + 8 + 6 - 24) = 24 : 2 = 12$

In analogia, in quam æquationem reſolvimus, continetur hoc

Theorema. Si plures fractiones ad eandem denominationem reducuntur, erit numerus integer, cujus partes ſunt fractiones iſtæ, ad harum ſupra illum exceſſum, ut communis denominator ad differentiam ejus a ſumma numeratorum.

PROBLEMA 40.

146. *Quantitatis irrationales diverſæ denominationis reducere ad eandem.*

RE-

Digitized by Google

RESOLUTIO.

Sint quantitates irrationales reducendæ $\sqrt[m]{x^n}$ & $\sqrt[s]{y^r}$, quemadmodum ſupra (§. 59). Fiat

$$\sqrt[m]{x^n}=t \qquad \sqrt[s]{y^r}=v$$
$$x^n=t^m \qquad y^r=v^s$$
$$x^{sn}=t^{ms} \qquad y^{rm}=v^{sm}$$
$$\sqrt[ms]{x^{sn}}=t \qquad \sqrt[ms]{y^{rm}}=v$$

Habemus adeo $\sqrt[m]{x^n}=\sqrt[ms]{x^{sn}}$ & $\sqrt[s]{y^r}=\sqrt[ms]{y^{rm}}$, ut ſupra (§. *cit.*): quo ipſo patet, quod dubium videri poterat (§. 60), in exponentibus quantitatum irrationalium locum habere reductionem ad eandem denominationem, ſi iidem fuerint fractiones diverſæ denominationis.

SCHOLION.

147. *Hoc artificio reductionis uti poſſumus in aliis caſibus ſimilibus. Ita mulplicationem ac diviſionem fractorum atque irrationalium eadem methodo inveſtigare licet.*

PROBLEMA 41.

148. *Datis ſumma duarum quantitatum & earundem facto, invenire numeros.*

Sit ſumma $= a$ Semidiffer. $= x$
Fact. $= b$ erit Quant. maj. $= \frac{1}{2}a + x$
min. $= \frac{1}{2}a - x$ (§. 6).

Ergo per conditionem probl.

$$\tfrac{1}{4}aa - xx = b \quad (\S.\ 38).$$
$$xx \quad xx \quad \text{add.}$$
$$\tfrac{1}{4}aa = b + xx$$
$$b \quad b \quad \text{Subtr.}$$
$$\tfrac{1}{4}aa - b = xx$$
$$\sqrt{(\tfrac{1}{4}aa - b)} = x$$

Regula. 1. A quadrato ſemiſummæ duarum quantitatum ſubtrahatur factum earundem. 2. Ex reſiduo extrahatur radix, quæ erit ſemidifferentia earundem. Sit e. gr. $a=14$, $b=48$: erit $\sqrt{(\frac{1}{4}aa - b)} = \sqrt{(49-48)} = 1$. Adeoque $\frac{1}{2}a + x = 7 + 1 = 8$; $\frac{1}{2}a - x = 7 - 1 = 6$. Sunt adeo numeri quæſiti 8 & 6. Nam $8 \cdot 6 = 48$ & $8 + 6 = 14$.

COROLLARIUM.

149. Quoniam $\frac{1}{2}a$ eſt dimidium totius a, x differentia partis æqualis ab inæquali, b rectangulum partium inæqualium, æquatio ſecunda hoc continet *theorema*: Si totum dividatur in duas partes æquales & in duas inæquales, quadratum partis æqualis æquale eſt rectangulo inæqualium una cum quadrato differentiæ partis æqualis ab inæquali.

SCHOLION.

150. *Patet adeo, quod ſæpius caſu in theoremata incidamus, dum problemata algebraice reſolvimus; qualia ſubinde annotabimus. Regulas vero, quas*

Digitized by Google

quilibet proprio Marte ex ultima æquatione eruere valet, in poſterum prætermittemus.

PROBLEMA 42.

151. *Data ſumma dignitatum ſimilium duarum quantitatum & differentia earundem invenire quantitatem utramque.*

Sit ſumma $= a$ Quantit. maj. $= y$
differentia $= b$ min. $= x$

erit per conditionem probl.

$$x^m + y^m = a \qquad y^m - x^m = b$$
$$x^m \quad x^m \qquad x^m \quad x^m$$
$$y^m = a - x^m \qquad y^m = b + x^m$$

Quare (§. 87 *Arithm.*)

$$a - x^m = b + x^m$$
$$x^m \quad x^m$$
$$a = b + 2x^m$$
$$b \quad b$$
$$a - b = 2x^m$$
$$(2$$
$$(a-b):2 = x^m$$
$$V(\tfrac{1}{2}a - \tfrac{1}{2}b) = x$$

Sit $m = 2$, $a = 97$, $b = 65$: erit $x = V(48\tfrac{1}{2} - 32\tfrac{1}{2}) = V\,16 = 4$ & hinc $y = V\,(b + x^2) = V\,(65 + 16) = V\,81 = 9$.

Examen: $x^2 + y^2 = 16 + 81 = 97$ & $y^2 - b^2 = 81 - 16 = 65$.

Æquatio antepenultima reſolvitur in hanc analogiam,

$a - b : x^m = 2 : 1$ (§. 299 *Arithm.*).
quæ ſequens ſuppeditat

Theorema. Exceſſus ſummæ duarum dignitatum ſimilium ſupra differentiam earundem eſt ad dignitatem minorem in ratione dupla.

PROBLEMA 43.

152. *Dato itinere diurno viatoris alicujus una cum itinere diurno alterius ipſum dato tempore ſequentis, invenire tempus, quo illum his aſſequetur.*

Sit iter diurnum primi $= a$
ſecundi $= b$
tempus datum $= c$
tempus quæſ. $= x$

erit iter intra tempus datum a primo confectum $= ac$, quod vero idem intra quæſitum emenſus eſt $= ax$: iter poſterioris intra tempus quæſitum reperietur $= bx$ (§. 302 *Arithm.*). Quare per conditionem problematis

$$ac + ax = bx$$
$$ax \quad ax \text{ſubtr. quia } bx > ax$$
$$ac = bx - ax$$
$$b - a$$
$$ac:(b-a) = x$$

Sit $a = 6$, $b = 8$, $c = 4$: erit $x = 24 : 2 = 12$.

Examen. Quoniam primus itineri impendit 16, alter vero 12 dies

dies antequam conveniunt, & iter diurnum primi ſit 6, ſecundi 8; via primi eſt 6. 16=96, ſecundi 8.12=96.

Æquatio penultima in hanc analogiam reſolvitur (§. 299 *Arithm.*).

$$b - a : a = c : x$$

quæ ſequens ſuppeditat

Theorema: Si quidam viator alterum inſequitur, tempore aliquo elapſo, differentia viarum, quas eodem tempore uterque emetitur, eſt ad viam primi, quem alter inſequitur, ut tempus ab itinere primi usque ad initium itineris ſecundi elapſum ad tempus, quo alter ipſum aſſequitur.

SCHOLION.

153. *Facile apparet, cum viatoris motio problematis reſolutionem non ingrediatur, problema univerſalius de mobilibus quibuscunque concipi poſſe.*

PROBLEMA 44.

154. *Dato itinere diurno alicujus viatoris una cum tempore ab initio itineris elapſo, invenire iter diurnum ab alio viatore conficiendum, ut in dato tempore illum aſſequatur.*

Sit iter diurnum primi $= a$
tempus elapſum $= b$
tempus datum $= c$
iter diurnum alterius $= x$

Erit per conditionem problematis ut in probl. præced.

$$ab + ac = cx$$

$$(ab + ac) : c = x$$

Sit e. gr. $a = 6$, $b = 4$, $c = 12$: erit $x = (24 + 72) : 12 = 96 : 12 = 8$.

Æquatio penultima in hanc reſolvitur analogiam (§. 299 *Arithm.*)

$$c : b + c = a : x$$

quæ ſequens ſuppeditat

Theorema. Si quidam viator alterum inſequitur tempore aliquo elapſo, erit tempus, intra quod ipſum aſſequitur, ad tempus ab initio itineris hujus elapſum, ut iter diurnum primi ad iter diurnum ſecundi.

PROBLEMA 45.

155. *Dato intervallo locorum, ex quibus eodem tempore duo viatores egrediuntur, una cum itinere diurno uniuscujuslibet, invenire tempus, quo ſibi mutuo occurrent.*

Sit intervallum locorum $= a$
iter diurnum primi $= b$
ſecundi $= c$
tempus occurſus $= x$

erit via a primo intra tempus x confecta $= bx$, via, quam alter eodem tempore emetitur, cx (§. 302 *Arithm.*). Quare cum ambo junctim emenſi ſint totum intervallum locorum, unde egrediebantur; habebimus

 bx

$$bx + cx = a$$
$$\overline{}\; b + c$$
$$x = a:(b + c)$$

Sit $a = 120$, $b = 6$, $c = 4$: erit $x = 120:(6+4) = 120:10 = 12$. Duodecimo igitur die ſibi mutuo occurrent.

SCHOLION.

156. *Problemata iſtiuſmodi ſpecialia ſub initium difficiliora ſunt ſolutu, quam abſtracta, quoniam in his æquatio plerumque continetur, aut ex theorematibus arithmeticis facile eruitur, in illis autem ex circumſtantiis problematis elicienda. Quodſi enim plures circumſtantiæ occurrunt, tyrones non ſtatim eas pervident, quæ æquationem ſuppeditant. Diſcant igitur conſultum eſſe, ut problematis abſtractis ſolvendis primas ſtudii Algebraici partes conſecrent: inſuperque notent velim, facilius problemata ſpecialia ad abſtracta ſeu generalia, quam vice verſa abſtracta ad ſpecialia revocari, quia iſta conditiones generales, unde ſolutio pendet, actu continent, in his vero circumſtantiæ ſpeciales, quæ ad ſolutionem nil conferunt, minime comparent. E. gr. problema præſens in abſtracto iſtiuſmodi eſt.* Invenire numerum, qui in ſummam duorum datorum ductus producit numerum datum. *Similiter problema (§. 152) in abſtracto tale eſt*: Datis tribus quantitatibus invenire quartam, ita ut factum ex quarta in ſecundam æquale ſit facto ex prima in aggregatum ex tertia & quarta. *Hinc apparet ratio, cur theorematum uſus non ſtatim in oculos occurrat. Nocent igitur qui inveniri ac addiſci prohibent ea, quorum uſus nondum conſtat, vel non ſtatim primo intuitu in oculos incurrit.*

PROBLEMA 46.

157. *Data ſumma duarum quantitatum & differentia quadratorum, invenire quantitates.*

Sit ſumma $= a$
differentia Quadr. $= b$
Semidiff. Quant. $= y$
erit Quant. maj. $= \frac{1}{2}a + y$.
minor $= \frac{1}{2}a - y$ (§. 5).
Quare
Quadratum maj. $\frac{1}{4}a^2 + ay + y^2$
min. $\frac{1}{4}a^2 - ay + y^2$

Differ. (§. 30) $2ay = b$ per condit probl.
$2a$ ————
$y = b : 2a$

Sit $b = 40$, $a = 10$: erit $y = 40 : 20 = 2$. Hinc $\frac{1}{2}a + y = 5 + 2 = 7$ & $\frac{1}{2}a - y = 5 - 2 = 3$.
Examen: $49 - 9 = 40$.

PROBLEMA 47.

158. *Data ſumma duarum quantitatum unacum ſumma quadratorum, invenire quantitatem utramque.*

Sit ſumma $= a$
Summa Quadr. $= b$
Semidiff. Quant. $= y$

erit

Digitized by Google

erit major $= \frac{1}{2}a + y$ }
minor $= \frac{1}{2}a - y$ } (§. 5).

Quare

Quadrat. maj. $\frac{1}{4}a^2 + ay + y^2$

minoris $\frac{1}{4}a^2 - ay + y^2$

Summa $\frac{1}{2}a^2 + 2y^2 = b$

$\frac{1}{2}a^2 \qquad \frac{1}{2}a^2$ Subtr.

$2y^2 = b - \frac{1}{2}a^2$

2 div.

$y^2 = \frac{1}{2}b - \frac{1}{4}a^2$

$y = V(\frac{1}{2}b - \frac{1}{4}a^2)$

Sit $a = 10$, $b = 58$: erit $y = V(29 - 25) = V4 = 2$. Hinc $\frac{1}{2}a + y = 5 + 2 = 7$ & $\frac{1}{2}a - y = 5 - 2 = 3$.

Examen: $7 + 3 = 10$ & $49 + 9 = 58$.

PROBLEMA 48.

159. *Invenire duos numeros ejus conditionis, ut factum ex unoquoque in radicem quadratam alterius ſit æquale numero dato.*

Sit factum unum $= a$

alterum $= b$

numerus unus $= x$

alter $= y$

erit per conditionem problematis

$xVy = a \qquad yVx = b$

$x^2 y = a^2 \qquad y^2 x = b^2$

$y \qquad\qquad y^2$

$x^2 = a^2 : y \qquad x = b^2 : y^2$

$x^2 = b^4 : y^4$

$a^2 : y = b^4 : y^4$

y^4 mult.

$a^2 y^3 = b^4$

$-a^2$

$y^3 = b^4 : a^2$

$y = \overset{3}{V}(b^4 : a^2)$

Sit $a = 18$, $b = 12$: erit $y = \overset{3}{V}(20736 : 324) = \overset{3}{V}\,64 = 4$. Ergo $x = b^2 : y^2 = 144 : 16 = 9$.

Examen. $9V4 = 2.9 = 18$ & $4V9 = 4.3 = 12$.

PROBLEMA 49.

160. *Invenire duos numeros, quorum factum æquale eſt numero dato, quadratum vero ſummæ ad quadratum differentiæ habet rationem datam.*

Sit factum $= a \qquad$ Summa $= 2x$

ratio $= b : c \qquad$ different. $= 2y$

erit major $= x + y$

minor $= x - y$

Ergo per conditiones problematis

$$xx - yy = a$$
$$\underline{\quad y^2 \qquad y^2 \quad}$$
$$x^2 = a + y^2$$

$$b : c = 4x^2 : 4y^2$$
$$4cx^2 = 4by^2 \text{ (§. 297 Arithm.)}$$
$$4c$$
$$x^2 = by^2 : c$$

Quare (§. 87 *Arithm.*

$$a + y^2 = by^2 : c$$
$$c \text{ mult.}$$
$$ac + cy^2 = by^2$$
$$cy^2 \quad cy^2 \text{ Subtr.}$$
$$ac = by^2 - cy^2$$
$$b - c$$
$$ac : (b - c) = y^2$$
$$\sqrt{ac} : \sqrt{(b - c)} = y$$

Sit $a = 96$, $b : c = 25 : 1$. Erit $y = \sqrt{96} : \sqrt{(25 - 1)} = \sqrt{4} = 2$ & $x = \sqrt{(a + y^2)} = \sqrt{(96 + 4)} = \sqrt{100} = 10$, conſequenter numerus major $x + y = 10 + 2 = 12$ & minor $x - y = 10 - 2 = 8$.

Examen. $12 \cdot 8 = 96$ & $100 : 4 = 25 : 1$.

PROBLEMA 50.

161. *Dato pretio unius menſuræ vini, invenire quantitatem aquæ commiſcendæ, ut una menſura dato alio pretio minore vendi queat.*

Sit pretium majus $= a$
minus $= b$
quantitas aquæ $= x$

Cum aquæ pretium nullum ſit; erit

$$1 + x : 1 = a : b \text{ conſequenter}$$
$$b + bx = a \text{ (§. 297 Arithm.).}$$
$$bx = a - b$$
$$b$$
$$x = (a - b) : b = a : b - 1$$

Sit $a = 16$, $b = 10$; erit $x = 1\frac{6}{10} - 1 = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$.

Theorema. Si vino pretioſiori aqua commiſcenda, ut viliori pretio conſtet; quantitas aquæ commiſcendæ eſt ad quantitatem vini, ut differentia pretiorum ad pretium minus.

Nempe vi æquationis penultimæ $x : 1 = a - b : b$.

Examen. Etenim ſi integra menſura veneat 10 groſſis, tres ipſius quintæ veneunt 6 groſſis (§. 302 *Arithm.*), quos ſi addas pretio unius menſuræ, quod eſt 10. groſſorum, prodibunt 16 groſſi pretium unius menſuræ vini generoſioris.

PROBLEMA 51.

162. *Dato pretio vini generoſi & pretio vilioris, determinare quantitatem vini vilioris generoſo commiſcendi, ut dato aliquo pretio medio venire queat.*

Sit pretium unius menſuræ vini generoſi $= a$
vilioris $= b$
medium $= c$
quantitas unius menſuræ $= 1$
quantitas vilioris
commiſcendi $= x$

quan-

Digitized by Google

erit pretium ejus $= bx$
quantitas generoſi
commiſcendi $= 1 - x$
erit ejus pretium $= a - ax$
Quare per conditionem
problematis

$$a - ax + bx = c$$
$$ax \qquad ax \text{ add. ob } ax > bx$$
$$a + bx = c + ax$$
$$bx \qquad bx$$
$$a = c + ax - bx$$
$$c \qquad c$$
$$a - c = ax - bx$$
$$\qquad a-b$$
$$(a-c):(a-b) = x$$

Sit $a = 16$, $b = 10$, $c = 12$; erit $x = (16 - 12):(16-10) = 4:6 = \frac{2}{3}$.

Examen. Pretium $\frac{2}{3}$ vilioris $= 6\frac{2}{3}$, generoſi $= 5\frac{1}{3}$, adeoque menſuræ mixti $= 6\frac{2}{3} + 5\frac{1}{3} = 12$.

PROBLEMA 52.

163. *Invenire duos numeros ejus conditionis, ut factum, ſumma & differentia quadratorum ſint inter ſe æqualia.*

Sit numerus major $= x$, minor $= y$: erit per conditionem problematis

$$x^2 - y^2 = xy \qquad x + y = xy$$
$$y \qquad y$$
$$x = xy - y$$
$$\qquad x-1$$
$$x:(x-1) = y$$

Quodſi valor ipſius y jam inventus in æquatione dexteriore ſubſtituatur, habebimus

$$x^2 - \frac{x^2}{x^2-2x+1} = \frac{x^2}{x-1}$$
$$\qquad x^2-2x+1$$
$$x^4 - 2x^3 + x^2 - x^2 = x^3 - x^2$$
$$x^4 - 2x^3 = x^3 - x^2$$
$$x^3 \qquad x^3 \qquad \text{ſubtr.}$$
$$x^4 - 3x^3 = -x^2$$
$$\qquad x^2 \text{ div.}$$
$$x^2 - 3x = -1$$
$$\tfrac{9}{4} \qquad \tfrac{9}{4} \quad (\text{§}.143)$$
$$x^2 - 3x + \tfrac{9}{4} = \tfrac{9}{4} - 1 = \tfrac{5}{4}$$
$$x - \tfrac{3}{2} = \sqrt{\tfrac{5}{4}} = \tfrac{1}{2}\sqrt{5}$$
$$\tfrac{3}{2} - x =$$
$$x = \tfrac{3}{2} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{5}$$

Eſt vero $\frac{3}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{5}$ radix vera; ſed $\frac{3}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{5}$ non eſt numerus minor y, quia, ſi numerus minor diceretur y, ad aliam æquationem deveniretur, quemadmodum apparet, ſi valore ipſius x per æquationem $xy - x = y$ reperto & in æquatione $x^2 - y^2 = xy$ ſubſtituto, reductio legitime inſtituatur. Tunc enim reperitur $y = 1 \pm \frac{1}{2}\sqrt{5}$, ubi $1 - \frac{1}{2}\sqrt{5}$ eſt radix falſa, quia $\frac{1}{2}\sqrt{5} > 1$.

Exa-

Examen. Eſt enim $x+y=2+\sqrt{5}$, $xy=2+\sqrt{5}$ & $x^2-y^2=2+\sqrt{5}$.

PROBLEMA 53.

164. *Datis in progreſſione arithmetica termino primo & ultimo atque differentia terminorum, invenire numerum terminorum & ſummam progreſſionis.*

Sit terminus primus $=a$
ultimus $=b$
differentia $=d$
numerus terminorum $=x$
ſumma $=y$

erit (§. 333 *Arithm.* & §. 170 *Analyſ.*)

$$b=a+dx-d \qquad y=\tfrac{1}{2}(b+a)x$$
$$d \qquad d$$
$$b+d-a=dx$$
$$a \qquad a$$
$$b+d-a=dx$$
$$(b+d-a):d=x$$

Quodſi hic valor in æquatione dextra ſubſtituatur, habebimus $y=\frac{1}{2}(b+a)(b+d-a):d=(b^2+bd-ab+ab+ad-a^2):2d=(b^2+bd+ad-a^2):2d=\frac{1}{2}(b+a)+(b^2-a^2):2d$.

Sit $a=2$, $b=17$, $d=3$: erit $x=(17+3-2):3=18:3=6$ & $y=\frac{1}{2}(17+2)+(289-4):6=\frac{19}{2}+\frac{285}{6}=9\frac{1}{2}+47\frac{1}{2}=57$.

PROBLEMA 54.

165. *Datis termino primo, differentia terminorum & ſumma progreſſionis arithmeticæ, invenire numerum terminorum & terminum ultimum.*

Sit terminus primus $=a$
differentia $=d$
Summa $=c$
ultimus $=y$
terminorum numerus $=x$

erit (§. 333 *Arithm.* & §. 170 *Analyſ.*)

$$\tfrac{1}{2}x(a+y)=c \qquad a+dx-d=y$$
$$2$$
$$ax+xy=2c$$
$$ax \qquad ax \quad \text{Subtr.}$$
$$xy=2c-ax$$
$$y=(2c-ax):x$$

Ergo (§. 87 *Arithm.*)

$$(2c-ax):x=a+dx-d.$$
$$x$$
$$2c-ax=ax+dx^2-dx$$
$$ax \qquad ax$$
$$2c=dx^2+2ax-dx$$
$$d$$
$$\frac{2c}{d}=x^2+\frac{2a-d}{d}x$$

hoc eſt, ſi fiat $(2a-d):d=m$

$$2c:d=x^2+mx$$
$$\tfrac{1}{4}m^2 \qquad \tfrac{1}{4}m^2$$

$\frac{1}{4}m^2$

Digitized by Google

$\frac{1}{4}m^2 + 2c : d = x^2 + mx + \frac{1}{4}m^2$

$V(\frac{1}{4}m^2 + 2c : d) = x + \frac{1}{2}m$

$\frac{1}{2}m \qquad \frac{1}{2}m$

$V(\frac{1}{4}m^2 + 2c : d) - \frac{1}{2}m = x$

Sit $a = 2$, $d = 3$, $c = 57$: erit $m = (4 - 3) : 3 = \frac{1}{3}$, conſequenter $x = V(\frac{1}{36} + \frac{114}{3}) - \frac{1}{6} = V\frac{1362}{36} - \frac{1}{6} = \frac{37}{6} - \frac{1}{6} = \frac{36}{6} = 6$ & $y = 2 + 18 - 3 = 2 + 15 = 17$.

PROBLEMA 55.

166. *Datis termino primo & ultimo una cum ſumma progreſſionis arithmeticæ invenire numerum & differentiam terminorum.*

Sit terminus primus $= a$
ultimus $= b$
Summa $= c$
differentia $= y$
numerus terminorum $= x$

erit (*§.* 333 *Arithm.* & *§.* 107 *Analyſ.*)

$\frac{1}{2}x(a+b) = c \qquad a + xy - y = b$

$x(a+b) = 2c \qquad xy - y = b - a$

$x = 2c : (a+b) \qquad y = \frac{b-a}{x-1}$

$x - 1 = \frac{2c}{a+b} - 1 = \frac{2c - a - b}{a+b} \qquad y = \frac{(b+a)(b-a)}{2c - a - b}$

(Wolfii Math. Tom. I.)

Sit $a = 2$, $b = 17$, $c = 57$: erit $x = 114 : 19 = 6$ & $y = (19 \cdot 15) : (114 - 19) = 285 : 95 = 3$.

Theorema. In progreſſione Arithmetica eſt ut differentia ſummæ ex termino primo & ultimo a duplo ſummæ progreſſionis ad differentiam termini primi ab ultimo, ita ſumma termini primi & ultimi ad differentiam progreſſionalem.

PROBLEMA 56.

167. *Datis differentia & numero terminorum una cum ſumma progreſſionis arithmeticæ, invenire terminum primum & ultimum.*

Sit numerus terminorum $= n$
differentia $= d$
Summa $= c$
term. I $= x$
ultimus $= y$

erit (§. 333 *Arithm.* & *§.* 107 *Analyſ.*)

$\frac{1}{2}nx + \frac{1}{2}ny = c \qquad x + nd - d = y$

h. e. $nx + \frac{1}{2}n^2d - \frac{1}{2}nd = c$

$2x + nd - d = 2c : n$

$2x = 2c : n - nd + d$

$x = c : n - \frac{1}{2}nd + \frac{1}{2}d$

Sit $n = 6$, $d = 3$, $c = 57$: erit $x = 9\frac{1}{2} + 1\frac{1}{2} - 9 = 2$ & $y = 2 + 18 - 3 = 17$.

PROBLEMA 57.

168. *Datis differentia terminorum, termino ultimo & ſumma progreſſionis arithmeticæ, invenire terminum primum & numerum terminorum.*

Sit terminus ultimus $= b$
terminorum differ. $= d$
Summa $= c$
terminus primus $= x$
numerus termin. $= y$

erit (§. 333 *Arithm.* & §. 107 *Analyſ.*)

$$\frac{1}{2} y (x + b) = c \quad | \; 2 \qquad\qquad b = x + dy - d$$

$$y (b + x) = 2c \qquad\qquad b + d - x = dy$$

$$y = 2c : (b + x) \qquad\qquad (b + d - x) : d = y$$

Quamobrem (§. 87 *Arithm.*)

$$ac : (b + x) = (b + d - x) : d \quad | \; d$$

$$2cd : (b + x) = b + d - x \quad | \; b + x$$

$$2cd = b^2 + bd - bx + bx + dx - x^2$$

$$x^2 - dx = b^2 + bd - 2cd$$
$$\frac{1}{4} d^2 \qquad\qquad \frac{1}{4} d^2 \quad (\S.143).$$

$$x^2 - dx + \frac{1}{4} d^2 = \frac{1}{4} d^2 + b^2 + bd - 2cd$$

$$x - \frac{1}{2} d = V (\frac{1}{4} d^2 + b^2 + bd - 2cd)$$
$$\frac{1}{2} d - x =$$

$$x = \frac{1}{2} d \pm V (\frac{1}{4} d^2 + b^2 + bd - 2cd)$$

Quodſi $\frac{1}{2} d > x$, erit $\frac{1}{2} d - x$ quantitas poſitiva, adeoque $x = \frac{1}{2} d - V (\frac{1}{4} d^2 + b^2 + bd - 2cd)$: ſi vero $\frac{1}{2} d < x$, quantitas $\frac{1}{2} d - x$ æquivalet privativo, ſed $x - \frac{1}{2} d$ poſitivo, adeoque $x = \frac{1}{2} d + V (\frac{1}{4} d^2 + b^2 + bd - 2cd)$.

Sit $b = 17$, $d = 3$, $c = 57$: erit $x = \frac{3}{2} + V (\frac{9}{4} + 289 + 51 - 342) = \frac{3}{2} + V (2\frac{1}{4} - 2) = \frac{3}{2} + V \frac{1}{4} = \frac{3}{2} + \frac{1}{2} = \frac{4}{2} = 2$, & $y = (17 + 3 - 2) : 3 = \frac{18}{3} = 6$.

PROBLEMA 58.

169. *Datis ſumma progreſſionis arithmeticæ, numero terminorum & facto ex primo in ultimum, invenire terminos ſingulos.*

Sit factum $= a$
numerus terminorum $= n$
Summa $= c$
terminus I $= x$
ultimus $= y$

erit (§. 107 *& per condit. probl.*)

$$\frac{1}{2} n (x + y) = c \quad | \; \frac{1}{2} n \qquad\qquad xy = a \quad | \; x$$

$$x + y = 2c : n \qquad\qquad y = a : x$$

h. e. $x + \frac{a}{x} = \frac{2c}{n}$

$$x^2 + a = \frac{2cx}{n}$$

$$x^2 - 2cx : n = -a$$
$$c^2 : n^2 \qquad c^2 : n^2$$

x^2 —

Digitized by Google

$$x^2 - 2cx : n + c^2 : n^2 = c^2 : n^2 - a$$

$$x - c : n = V(c^2 : n^2 - a)$$
$$c : n - x =$$

$$x = \frac{c}{n} \pm V(c^2 : n^2 - a)$$

Signum + valet pro termino ultimo; ſignum autem — pro primo.

Sit $c = 57$, $n = 6$, $a = 34$: erit $x = \frac{57}{6} - V\left(\frac{3249}{36} - 34\right) = 9\frac{1}{2} - V(90\frac{1}{4} - 34) = 9\frac{1}{2} - V\,56\frac{1}{4} = 9\frac{1}{2} - V\,\frac{225}{4} = 9\frac{1}{2} + \frac{15}{2} = 17$ & $y = 9\frac{1}{2} - 7\frac{1}{2} = 2$.

PROBLEMA 59.

170. *Invenire numerum terminorum in ſerie imparium ſummandorum, ut prodeat potentia data numeri dati.*

RESOLUTIO.

Sit numerus datus $= n$
erit dignitas ejus $= n^m$
term. I. progr. $= 1$
differ. Term. $= 2$
Sit Num. term. $= x$
erit ſumma progreſſ. $= x^2$ (§. 108).
Ergo *per conditionem probl.*

$$x^2 = n^m$$

$$x = n^{m:2}$$

Patet adeo, problema non eſſe poſſibile niſi in iis caſibus, ubi exponens dignitatis m eſt numerus par, ut per 2 dividi poſſit.

E. gr. Sit $m = 2$, erit $x = n$, hoc eſt, numerus terminorum eſt idem cum radice quadrata, quemadmodum ſupra reperimus (§. 110). Sit $m = 4$; erit $x = n^2$, hoc eſt, numerus terminorum ſummandorum eſt radicis quadratus, ſi potentia quarti gradus deſideretur, veluti ſi $n = 2$, erit $2^4 = 1 + 3 + 5 + 7 = 16$.

PROBLEMA 60.

171. *Invenire numeros impares totidem numero, quot numerus datus habet unitates, & quorum additione prodit potentia data numeri hujus dati.*

RESOLUTIO.

Sit numerus datus $= n$
dignitas ejus $= n^m$
terminus primus $= x$

Quoniam in ſerie numerorum imparium differentia terminorum $= 2$ & numerus terminorum eſt n *per hypoth.* erit ſumma progreſſionis $= nx + n^2 - n$ (§. 108), conſequenter *per conditionem problematis.*

$$nx + n^2 - n = n^m$$

$$\overline{} \; n$$

$$x + n - 1 = n^{m-1}$$
$$n - 1 \quad n - 1 \text{ ſubtr.}$$

$$x = n^{m-1} - n + 1$$

Patet

Patet adeo problema eſſe poſſibile in omni caſu.

Sit e. gr. $m = 2$, erit $x = n - n + 1 = 1$, ut ſupra (§. 110).

Sit $m = 3$, erit $x = n^2 - n + 1$, ſit porro $n = 2$, erit $x = 4 - 1 = 3$, adeoque $2^3 = 3 + 5 = 8$. Sit $n = 3$, erit $x = 9 - 2 = 7$, adeoque $3^3 = 7 + 9 + 11 = 27$.

Patet adeo quomodo numeri cubici ex additione numerorum imparium procreentur.

Sit $m = 4$, erit $x = n^3 - n + 1$. Sit porro $n = 2$, erit $x = 8 - 1 = 7$, adeoque $2^4 = 7 + 9 = 16$. Sit $n = 3$, erit $x = 27 - 2 = 25$, adeoque $3^4 = 25 + 27 + 29 = 81$.

Sit $m = 5$, erit $x = n^4 - n + 1$. Sit porro $n = 2$, erit $x = 16 - 1 = 15$, adeoque $2^5 = 15 + 17 = 32$. Sit $n = 3$, erit $x = 81 - 2 = 79$, adeoque $3^5 = 79 + 81 + 83 = 243$.

SCHOLION.

172. *Mira igitur facilitate oſtendimus ad captum tyronum, quomodo potentia cujuscunque gradus ex additione numerorum imparium procreentur, quod imperfectius multoque intricatius proponitur in Miſcellaneis Berolinenſibus* p. 327 & ſeqq.

PROBLEMA 61.

173. *Invenire tres numeros continue proportionales, dato facto ex quadrato tertii in primum una cum denominatore rationis.*

Sit factum $= a$
denominator $= m$
terminus primus $= x$
erit ſecundus $= mx$
tertius $= mx^2$ (§. 114).

Quare per conditionem problematis

$$a = m^4 x^3$$

$$a : m^4 = x^3$$

$$\sqrt[3]{(a : m^4)} = x$$

Sit e. gr. $a = 648$, $m = 3$: erit $x = \sqrt[3]{(648 : 81)} = \sqrt[3]{8} = 2$.

Æquatio prima in hanc reſolvitur analogiam: $1 : m^4 = x^3 : a$ (§. 299 *Arithm.*). Quare cum $1 : m^4$ ſit ratio quadruplicata $1 : m$ (§. 159 *Arithm.*); ſequens enaſcitur

Theorema: Cubus termini primi in proportione geometrica continua eſt ad factum ex quadrato tertii in primum in ratione quadruplicata primi ad ſecundum.

PROBLEMA 62.

174. *Numerum datum in tres partes continue proportionales dividere, dato denominatore rationis.*

Sit numerus datus $= a$
denominator $= b$
pars prima $= x$

erit

erit ſecunda $= bx$

tertia $= b^2x$

& per conditionem problematis.

$$b^2x + bx + x = a$$

$$\overline{\qquad\qquad\qquad} b^2 + b + 1$$

$$x = a : (b^2 + b + 1)$$

Sit $b = 4$, $a = 42$: erit $x = 42 : (16 + 4 + 1) = 42 : 21 = 2$

PROBLEMA 63.

175. *Numerum datum in terminos quotcunque proportionales reſolvere, dato denominatore rationis.*

Sit numerus datus $= a$

denominator $= m$

terminus I $= x$

erit ſecundus $= mx$

tertius $= m^2x$

quartus $= m^3x$ &c.

Ergo per conditionem problematis.

$$x + mx + m^2x + m^3x + m^4x \text{ \&c.} = a$$

$$x = a : (1 + m + m^2 + m^3 + m^4 \text{ \&c.})$$

Sit $a = 364$, $m = 3$ & termini ſint numero ſex: erit $x = 364 : (1 + 3 + 9 + 27 + 81 + 243) = 364 : 364 = 1$. Ergo 1. 3. 9. 27. 81. 243 eſt ſeries proportionalium quæſita.

PROBLEMA 64.

176. *Inter duos numeros datos invenire quotcunque medios continue proportionales.*

RESOLUTIO.

Sit primus datorum $= a$

ultimus $= b$

mediorum primus $= x$

numerus mediorum $= m$

erit per conditionem problematis (§. 302 *Arithm.*)

$$a.\ x.\ \frac{x^2}{a}.\ \frac{x^3}{a^2}.\ \frac{x^4}{a^3}.\ \text{\&c.}\ \frac{x^m}{a^{m-1}}.\ b$$

conſequenter (§. 118)

$$x^{m+1} : a^{m-1} = ab$$

$$\overline{\qquad\qquad\qquad} a^{m-1}$$

$$x^{m+1} = a^m b$$

$$\overline{\qquad\qquad} m+1$$

$$x = \sqrt[m+1]{a^m b}$$

Sit $a = 1$, $b = 243$, $m = 4$; erit $m + 1 = 5$, adeoque $x = \sqrt[5]{243} = 3$, conſequenter termini intermedii ſunt 3. 9. 27. 81.

SCHOLION.

177. *Ad manus eſſe debet tabula dignitatum ſuperiorum pro digitis ſingulis, qualis extat pro quadratis & cubis* (§. 257 *Arithm.*).

COROLLARIUM.

178. Quodſi numerus, qui exprimit terminum deſideratum, fuerit n; erit medius proportionalis $= x^n : a^{n-1}$. Quare ſi pro x ſubſtituatur valor modo inventus

ventus $\sqrt[m+1]{a^m b} = a^{m:(m+1)} b^{1:(m+1)}$, prodibit numerus quæſitus $= a^{mn:(m+1)} b^{n:(m+1)} : a^{n-1} = a^{mn:(m+1)} b^{n:(m+1)} : a^{(mn-m+n-1):(m+1)} = a^{(m-n+1):(m+1)} b^{n:(m+1)}$.

SCHOLION.

179. *Cadant e. gr. inter* 1 *&* 243 *quatuor medii proportionales continue & quæratur eorum ſecundus: erit* $a = 1$, $b = 243$, $m = 4$, $n = 2$, *adeoque* $(m + n - 1) : (m + 1) = \frac{3}{5}$, $n : (m + 1) = \frac{2}{5}$, *conſequenter numerus quæſitus* $\sqrt[5]{a^3 b^2} = \sqrt[5]{59049} = 9$.

PROBLEMA 65.

180. *Data ſumma termini primi & ultimi, itemque ſumma ſecundi & tertii in proportione ſive continua, ſive diſcreta, una cum denominatore rationis, invenire terminos ſingulos.*

Sit ſumma I $= a$
II $= b$
denominator $= m$
terminus primus $= x$
erit quartus $= a - x$
ſecundus $= mx$
tertius $= b - mx$

Quare per conditionem problematis.

$$x : mx = b - mx : a - x$$

Hinc $\overline{ax - x^2 = mbx - m^2 x^2}$
$: x$

$$a - x = mb - m^2 x$$

$$\frac{m^2 x - x = mb - a}{m^2 - 1}$$

$$x = \frac{mb - a}{m^2 - 1}$$

Sit $a = 13$, $b = 11$, $m = 2$: erit $x = (22 - 13) : (4 - 1) = 9 : 3 = 3$.

Analogia, in quam æquatio penultima reſolvitur, $m - 1 : m^2 - 1 = x : b - a$, hoc ſuppeditat

Theorema: Denominator rationis unitate minutus eſt ad quadratum ſuum unitate pariter mulctatum, ut terminus primus proportionis ſive continuæ, ſive diſcretæ ad differentiam ſummæ ſecundi & tertii a ſumma primi & ultimi.

PROBLEMA 66.

180. *Invenire tres numeros continue proportionales ejus conditionis, ut differentia primi & ſecundi æquetur numero dato & differentia ſecundi atque tertii æqualis ſit itidem numero dato.*

Sit differ. I $= a$
differ. II $= b$
terminus I $= x$
erit II $= x + a$
III $= x + a + b$

Per conditionem problematis:

$x : x$

$$x : x + a = x + a : x + a + b$$

$$x^2 + ax + bx = x^2 + 2ax + a^2$$
$$x^2 + ax \qquad x^2 + ax$$

$$bx = ax + a^2$$

$$bx - ax = a^2$$
$$\qquad (b-a)$$
$$x = a^2 : (b-a)$$

Sit $a = 8$, $b = 24$: erit $x = 64 : (24 - 8) = 64 : 16 = 4$.

Analogia, in quam reſolvitur æquatio antepenultima, $b - a : a = a : x$, ſequens continet

Theorema: Si fuerint tres numeri continue proportionales, erit differentia primi & ſecundi numerus medius proportionalis inter differentiam differentiæ termini primi & ſecundi a differentia ſecundi ac tertii & terminum primum.

PROBLEMA 67.

181. *Datis in progreſſione geometrica termino primo & ultimo atque terminorum numero, invenire denominatorem rationis.*

Sit terminus primus $= a$
ultimus $= b$
numerus terminorum $= n$
denominator $= x$
Erit (§. 121).

$$b = x^{n-1} a$$
$$\qquad a$$
$$b : a = x^{n-1}$$

$$b^{1:(n-1)} : a^{1:(n-1)} = x$$

Sit $a = 2$, $b = 486$, $n = 6$: erit $x = \sqrt[5]{(486 : 2)} = \sqrt[5]{243} = 3$.

PROBLEMA 68.

182. *Datis denominatore rationis, terminorum numero & ſumma progreſſionis geometricæ, invenire terminum primum.*

Sit denominator $= m$
numerus terminorum $= n$
ſumma progreſſ. $= c$
terminus I $= x$
erit ultimus $= m^{n-1} x$
conſequenter (§. 121)

$$c = (m^n x - x) : (m - 1)$$
$$\qquad m - 1$$
$$mc - c = m^n x - x$$
$$\qquad m^n - 1$$
$$(mc - c) : (m^n - 1) = x$$

Sit $m = 3$, $n = 6$, $c = 728$: erit $x = 2.728 : 728 = 2$

Analogia, in quam æquatio penultima reſolvitur, $c : x = m^n - 1 : m - 1$, ſuppeditat hoc

Theorema: Summa progreſſionis geometricæ eſt ad terminum primum ut dignitas denominatoris rationis, cujus exponens numero terminorum æqualis

qualis eſt, unitate multata ad denominatorem ipſum unitate imminutum.

PROBLEMA 69.

183. ***Datis in progreſſione geometrica termino primo & ultimo una cum denominatore rationis, invenire numerum terminorum.***

Sit terminus primus $= a$
ultimus $= b$
denominator rationis $= m$
numerus terminorum $= x$
erit (§. 121)

$m^{x-1} a = b$, hoc eſt, ſi logarithmus ipſius a ponatur la & logarithmus ipſius $m = lm$.

$$xlm - lm + la = lb \quad (\text{§. 341 Arithm.})$$

$$xlm = lb - la + lm$$

$$\underline{}\; lm$$

$$x = (lb - la) : lm + 1$$

Sit $a = 2$, $b = 486$, $m = 3$, erit

$$lb = 2.6866363$$
$$la = 0.3010300$$
$$lb - la = 2.3856063$$

3 1 1

$$lb - la = 23856063 \;\; (5$$
$$lm = 4771213 \;\; (1$$

$$6 = x$$

PROBLEMA 70.

184. ***Datis ſumma progreſſionis geometricae, termino primo atque ultimo, invenire numerum terminorum ac denominatorem rationis.***

Sit ſumma $= c$
terminus primus $= a$
ultimus $= b$
denominator rationis $= y$
numerus terminorum $= x$
erit (§. 121)

$$c = (by - a) : (y - 1) \qquad b = y^{x-1} a$$

$$cy - c = by - a$$

$$cy - by = c - a$$

$$\underline{}\; c - b$$

$$y = (c - a) : (c - b)$$

Æquatio altera adhibitis logarithmis in ſequentem degenerat (§. 307 *Arithm.*).

$$lb = xly - ly + la$$

$$lb + ly - la = xly$$

$$\underline{}\; ly$$

$$(lb - la) : ly + 1 = x$$

Quodſi ſubſtituatur valor ipſius ly paulo ante inventus, qui eſt, $l(c - a) - l(c - b)$; habebimus.

$$\frac{lb - la}{l(c - a) - l(c - b)} + 1 = x$$

Sit $c = 728$, $a = 2$, $b = 486$: erit

$lb =$

$lb = 2.6866363$	$c = 728$
$la = 0.3010300$	$b = 486$
$lb - la = 2.3856063$	$c - b = 242$
$l(c-a) = 28609366$	$c = 728$
$l(c-b) = 23838154$	$a = 2$
Differ. $= 4771212$	$c - a = 726$

$$23856063 \; \left(5 \right. \qquad 4771212 \; \left(1 \right.$$

$$6 = x$$

PROBLEMA 71.

185. *Datis in progreſſione geometrica facto ex primo in ultimum, numero terminorum & denominatore rationis, invenire terminum primum & ultimum.*

Sit factum $= f$
numer. termin. $= n$
denominator $= m$
terminus primus $= x$
ultimus $= y$
erit per conditiones problematis:

$$xy = f \qquad m^{n-1} x = y$$

$$y = f : x$$

Quare (§. 87 *Arithm.*)

$$f : x = m^{n-1} x$$

$$f = m^{n-1} x^2$$

$$f : m^{n-1} = x^2$$

$$\sqrt{f} : \sqrt{m^{n-1}} = x$$

Sit $m = 3$, $n = 6$, $f = 972$: erit $\sqrt{972} : \sqrt{243} = \sqrt{4} = 2$.

DEFINITIO 13.

186. Tres vel quatuor *quantitates* dicuntur *harmonice proportionales*, ſi in priore caſu differentia primi & ſecundi fuerit ad differentiam ſecundi atque tertii, ut primus ad tertium; in caſu poſteriore differentia primi & ſecundi ad differentiam tertii & quarti ut primus ad quartum: E. gr. 10, 16 & 40 ſunt in proportione harmonica: eſt enim $6 : 24 = 10 : 40$. Si termini proportionales in caſu priore continuentur; oritur *Progreſſio harmonica.*

PROBLEMA 72.

187. *Datis duabus quantitatibus, invenire tertiam harmonice proportionalem.*

Sit prima $= a$
ſecunda $= b$
tertia $= x$
erit (§. 186)

$$b - a : x - b = a : x$$

$$ax - ab = bx - ax \quad (\text{§. 297 } Arithm.)$$

$$2ax - bx = ab$$

$$x = ab : (2a - b)$$

E. gr. Sit $a = 10$, $b = 16$: erit $x = 160 : (20 - 16) = 160 : 4 = 40$.

Æquatio penultima in hanc reſolvitur analogiam $2a - b : a = b : x$, unde ſequens enaſcitur

Theorema. Si fuerint tres numeri harmonice proportionales, erit differentia ſecundi a duplo primi ad primum, ut ſecundus ad tertium.

COROLLARIUM 1.

188. Si $2a = b$; erit $x = ab : 0$, conſequenter $1 : 0 = x : ab$ (§. 174 *Arithm.*). Quare cum non ſit $1 = 0$, nec erit $x = ab$, adeoque in hoc caſu nullus numerus harmonice proportionalis ipſis a & b inveniri poteſt. E. gr. ſi $a = 12$, $b = 24$: juxta regulam $x = 12 . 24 : (24 - 24) = 12 . 24 : 0$. Sed non licet 12. 24 ſeu 288 pro termino tertio aſſumere: alias enim foret $12 : 264 = 12 : 288$ (§. 186): Quod abſurdum. Multo minus inveniri poterit, ſi $b > 2a$.

COROLLARIUM 2.

189. Quodſi ex tribus proportionalibus 6. 8. 12 terminus ſecundus ſumatur pro a, tertius pro b, invenietur quartus continue proportionalis $= 8 . 12 : (16 - 12) = 8 . 12 : 4 = 8 . 3 = 24$.

COROLLARIUM 3.

190. Cum eodem modo, ſi tertius pro a, quartus pro b ſumatur, quintus inveniri queat & ita porro in infinitum; datis duobus terminis progreſſio, ſi poſſibile (§. 188), continuatur per regulam inventam. E. gr. ſi $a = 10$, $12 = b$, erit tertius $12 . 10 : (20 - 12) = 15$. Inde quartus $12 . 15 : (24 - 15) = 20$, quintus $15 . 20 : (30 - 20) = 30$; ſextus $20 . 30 : (40 - 30) = 60$. Sed ulterius continuari nequit ob $60 = 2 . 30$ (§. 188).

PROBLEMA 73.

191. *Datis duabus quantitatibus, invenire mediam harmonice proportionalem.*

Sit prima $= a$
ſecunda $= x$
tertia $= b$

erit $x - a : b - x = a : b$ (§. 186)

$$bx - ab = ab - ax \quad (§. 297\ Arithm.)$$

$$ax + bx = 2ab$$

$$x = 2ab : (a + b)$$

E. gr. Sit $a = 10$, $b = 40$: erit $x = 800 : 50 = 16$.

Æquatio penultima in hanc reſolvitur analogiam, $a + b : 2a = b : x$, unde

Theorema: Si fuerint tres numeri harmonice proportionales, erit ſumma primi & ultimi ad primi duplum ut ultimus ad medium.

PRO-

PROBLEMA 74.

192. *Datis tribus quantitatibus, invenire quartam harmonice proportionalem.*

Sit prima $= a$
ſecunda $= b$
tertia $= c$
quarta $= x$
erit (§. 186)

$$b - a : x - c = a : x$$

$$bx - ax = ax - ac \quad (\S.297 \textit{ Arithm.})$$

$$ac = 2ax - bx$$

$$ac : (2a - b) = x$$

Sit e. gr. $a = 6$, $b = 8$, $c = 12$: erit $72 : (12 - 8) = 72 : 4 = 18$.

Æquatio penultima in hanc reſolvitur analogiam: $2a - b : a = c : x$.

Theorema. Si fuerint quatuor quantitates harmonice proportionales, erit ut differentia ſecundæ a duplo primæ ad primam, ita tertia ad quartam.

DEFINITIO 14.

193. *Proportio contraharmonica* eſt ea terminorum trium relatio, in qua differentia primi & ſecundi eſt ad differentiam ſecundi & tertii ut tertius ad primum. E. gr. 3, 5 & 6 ſunt numeri contraharmonice proportionales; eſt enim $2 : 1 = 6 : 3$.

PROBLEMA 75.

194. *Datis duabus quantitatibus, invenire tertiam contraharmonice proportionalem.*

Sit prima $= a$
ſecunda $= b$
tertia $= x$
erit (§. 193)

$$b - a : x - b = x : a$$

$$ab - aa = x^2 - bx \quad (\S.297 \textit{ Arithm.})$$

$$\tfrac{1}{4}b^2 \qquad \tfrac{1}{4}b^2 \qquad (\S.143)$$

$$\tfrac{1}{4}b^2 + ab - a^2 = x^2 - bx + \tfrac{1}{4}b^2$$

$$V(\tfrac{1}{4}b^2 + ab - a^2) = x - \tfrac{1}{2}b \text{ ob } x > b$$

$$\tfrac{1}{2}b + V(\tfrac{1}{4}b^2 + ab - a^2) = x$$

E. gr. Sit $a = 3$, $b = 5$: erit $x = \frac{5}{2} + V(\frac{25}{4} + 15 - 9) = \frac{5}{2} + V\frac{49}{4} = \frac{5}{2} + \frac{7}{2} = \frac{12}{2} = 6$.

PROBLEMA 76.

195. *Datis duabus quantitatibus invenire mediam contraharmonice proportionalem.*

Sit prima $= a$ media $= x$
tertia $= b$
erit (§. 193)

$$x - a : b - x = b : a$$

$$ax - a^2 = b^2 - bx \quad (\S.297 \textit{ Arith.})$$

$ax +$

$$ax + bx = a^2 + b^2$$
$$\overline{}\; a+b$$
$$x = (a^2+b^2):(a+b)$$

E. gr. ſit $a=3$, $b=6$: erit $x=(9+36):(3+6)=45:9=5$.

Theorema. Si ſumma 2 quadratorum dividitur per ſummam radicum, quotus eſt inter radices medius contraharmonice proportionalis.

DEFINITIO 15.

196. *Numerus pronicus* eſt, qui aggregato ex radice & quadrato ejusdem æqualis.

COROLLARIUM 1.

197. Si in progreſſione arithmetica terminus primus fuerit 2, differentia terminorum itidem 2, numerus terminorum $= n$; erit ſumma progreſſionis $= 2n + \frac{1}{2}(n^2 - n)2$ (§. 108), $= 2n + n^2 - n = n^2 + n$, adeoque numerus pronicus, cujus radix numero terminorum æqualis.

COROLLARIUM 2.

198. Patet adeo numeros pronicos prodire per ſummationem progreſſionis numerorum parium. Sit enim

progreſſio 2. 4. 6. 8. 10 &c.
erunt pronici 2, 6, 12, 20, 30 &c.

PROBLEMA 77.

199. *Ex dato numero radicem pronicam extrahere.*

RESOLUTIO.

Sit numerus datus $= a$, radix pronica $= x$
erit (§. 196)

$$x^2 + x = a$$
$$\tfrac{1}{4} \quad \tfrac{1}{4} \quad (\S.\ 143)$$
$$x^2 + x + \tfrac{1}{4} = a + \tfrac{1}{4}$$
$$\tfrac{1}{2} + x = \sqrt{(a+\tfrac{1}{4})} = \sqrt{\frac{(4a+1)}{4}}$$
$$= \tfrac{1}{2}\sqrt{(4a+1)}$$
$$x = \tfrac{1}{2}\sqrt{(4a+1)} - \tfrac{1}{2}$$

Theorema. Si quadruplo numeri pronici addatur unitas & radix unitate mulctata bifariam dividatur, quotus eſt radix pronica.

Sit $a = 72$, erit $x = \frac{1}{2}\sqrt{(4.72+1)} - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}\sqrt{289} - \frac{1}{2} = \frac{17}{2} - \frac{1}{2} = 8$.

Examen. Nam $64 + 8 = 72$.

PROBLEMA 78.

200. *Invenire ſummam quadratorum & cuborum, quorum radices in ſerie numerorum naturali progrediuntur.*

Sit $0+1+1+1+1+1$ &c. $= \int n^0$
$0+1+2+3+4+5$ &c. $= \int n^1$
$0+1+4+9+16+25$ &c. $= \int n^2$
$0+1+8+27+64+125$ &c. $= \int n^3$
&c. &c.

$1+1+1+1+1+1$ &c. $= \int (n+1)^0$
$1+2+3+4+5+6$ &c. $= \int (n+1)^1$

1+4

$1+4+9+16+25+36$ &c. $= \int(n+1)^2$
$1+8+27+64+125+216$ &c. $= \int(n+1)^3$ &c. &c.

Nimirum $\int n^0$ denotat ſummam quotlibet unitatum ſeriei a cyphra incipientis; $\int(n+1)^0$ ſummam quotlibet unitatum ſeriei ab unitate incipientis, quia o eſt exponens unitatis (§. 55). Sed n repræſentat unamquamque unitatem in ſerie prima; $n+1$ in altera. Ergo ſi numerus terminorum in utraque ſerie idem; erit $\int(n+1)^0 - \int n^0 = (n+1)^0 = 1$. Similiter $\int n^1$ denotat ſummam ſeriei numerorum naturalium a cyphra incipientis & n quemlibet ejus terminum: $\int(n+1)^1$ ſummam ſeriei eorundem numerorum ab unitate incipientium & $n+1$ quemlibet ejus terminum 1, 2, 3 &c. quia 1 eſt exponens radicum, ſeu dignitatis primæ (§. *cit.*). Quare ſi in utraque ſerie fuerit idem terminorum numerus, erit $\int(n+1)^1 - \int n = (n+1)^1$, ubi $n+1$ terminum ultimum ſeriei ab unitate incipientis denotat, quo ſcilicet ea differt a ſerie, quæ a cyphra inchoatur. Eodem modo patet, eſſe $\int(n+1)^2 - \int n^2 = (n+1)^2$, $\int(n+1)^3 - \int n^3 = (n+1)^3$, $\int(n+1)^4 - \int n^4 = (n+1)^4$ &c. & in genere $\int(n+1)^{m+1} - \int n^{m+1} = (n+1)^{m+1}$.

Jam $(n+1)^2 = n^2 + 2n + 1$ (§. 81)

$$\int(n+1)^2 = \int n^2 + 2\int n^1 + \int n^0 + 1$$

$$\int(n+1)^2 - \int n^2 - \int n^0 - 1 = 2\int n^1$$

hoc eſt, ob $\int(n+1)^2 - \int n^2 = (n+1)^2$ *per dem.*

$$\frac{(n+1)^2 - \int n^0 - 1 = 2\int n^1}{2}$$

$$\tfrac{1}{2}(n+1)^2 - \tfrac{1}{2}\int n^0 - \tfrac{1}{2} = \int n^1$$

E. gr. $n=5$, erit $\frac{1}{2}(n+1)^2 = \frac{36}{2} = 18$, $\frac{1}{2}\int n^0 = \frac{5}{2} = 2\frac{1}{2}$, adeoque $\int n^1$ ſumma omnium radicum ab o usque ad $5 = 18 - 3 = 15$. Similiter ſit $n=3$, erit $\frac{1}{2}(n+1)^2 = 8$, $\frac{1}{2}\int n^0 = 1\frac{1}{2}$, adeoque $\int n = 6$.

Eſt porro

$$(n+1)^3 = n^3 + 3n^2 + 3n + 1 \text{ (§. 84)}$$

$$\int(n+1)^3 = \int n^3 + 3\int n^2 + 3\int n^1 + \int n^0 + 1$$

$$\int(n+1)^3 - \int n^3 - 3\int n^1 - \int n^0 - 1 = 3\int n^2$$

h. e. ob $\int(n+1)^3 - \int n^3 = (n+1)^3$ *per demonſt.*

$$\frac{(n+1)^3 - 3\int n^1 - \int n^0 - 1 = 3\int n^2}{3}$$

$$\tfrac{1}{3}(n+1)^3 - \int n^1 - \tfrac{1}{3}\int n^0 - \tfrac{1}{3} = \int n^2$$

E. gr. Sit $n=5$, erit $\frac{1}{3}(n+1)^3 = \frac{216}{3} = 72$, $\int n^1 = 15$, $\frac{1}{3}\int n^0 = 1\frac{2}{3}$, adeoque $\int n^2 = 72 - 17 = 55$. Similiter ſit $n=3$, erit $\frac{1}{3}(n+1)^3 = 21\frac{1}{3}$, $\int n = 6$, $\frac{1}{3}\int n^0 = 1$, adeoque $\int n^2 = 21\frac{1}{3} - 7\frac{1}{3} = 14$.

Sit denique

$$(n+1)^4 = n^4 + 4n^3 + 6n^2 + 4n + 1$$

$$\int(n+1)^4 = \int n^4 + 4\int n^3 + 6\int n^2 + 4\int n + \int n^0 + 1$$

$$\int(n+1)^4 - \int n^4 - 6\int n^2 - 4\int n - \int n^0 - 1 = 4\int n^3$$

h.e. ob $\int(n+1)^4 - \int n^4 = (n+1)^4$ *per demonſtr.*

$$(n+1)^4 - 6\int n^2 - 4\int n - \int n^0 - 1 = 4\int n^3$$

$$\frac{1}{4}(n+1)^4 - \frac{1}{2}\int n^2 - \int n - \frac{1}{4}\int n^0 - \frac{1}{4} = \int n^3$$

Sit e. gr. $n = 5$, erit $\frac{1}{4}(n+1)^4 = 324$, $\frac{1}{2}\int n^2 = 82\frac{1}{2}$, $\int n = 15$, $\frac{1}{4}\int n^0 = 1\frac{1}{4}$, adeoque $\int n^3 = 324 - 99 = 225$.

SCHOLION 1.

201. *Quod in ſummationibus, quibus in reſolutione problematis uſi ſumus, ſemper addenda ſit unitas, exempla ſingularia palam loquuntur. Si enim in æquatione* $\int(n+1)^2 = \int n^2 + 2\int n + \int n^0 + 1$ *fuerit* $n = 4$ *erit:*

$$\int n^0 = 0 + 1 + 1 + 1 + 1$$
$$\int n = 0 + 1 + 2 + 3 + 4$$
$$\int n^2 = 0 + 1 + 4 + 9 + 16$$
$$\int(n+1)^2 = 1 + 4 + 9 + 16 + 25$$

Unde cum differentia inter $\int(n+1)^2$ *&* $\int n^2$ *ſit* 25, *&* $2\int n + \int n^0$ *tantum* 24; *patet, ad conſervandam æqualitatem addendam eſſe unitatem.*

SCHOLION 2.

202. *Eadem methodo, qua numerorum naturalium quadrata & cubos ſummare docuimus, altiores quoque dignitates ſummantur. Sed cum potentiæ in infinitum aſſurgant, ideo problema generale pro caſibus infinitis inveniendum.*

PROBLEMA 79.

203. *Summare potentias quascunque numerorum naturalium.*

Quoniam $(n+1)^{m+1} = n^{m+1} + \frac{m+1}{1}n^m + \frac{m+1.m}{1.2}n^{m-1} + \frac{m+1.m.m-1}{1.2.3}n^{m-2} + \frac{m+1.m.m-1.m-2}{1.2.3.4}n^{m-3}$ &c. in infin. (§. 95); erit

$$\int(n+1)^{m+1} = \int n^{m+1} + \frac{m+1}{1}\int n^m + \frac{m+1.m}{1.2}\int n^{m-1} + \frac{m+1.m.m-1}{1.2.3}\int n^{m-2} + \frac{m+1.m.m-1.m-2}{1.2.3.4}\int n^{m-3}$$

&c. in infin $+1$

Hinc $\int(n+1)^{m+1} - \int n^{m+1} - \frac{m+1.m}{1.2}\int n^{m-1} - \frac{m+1.m.m-1}{1.2.3}\int n^{m-2} - \frac{m+1.}{1}$

m.m

$$\frac{m.\,m-1.\,m-2}{2.\;3.\;4}\int n^{m-3}\ \text{\&c. in infin.}\ -1=\frac{m+1}{1}\int n^{m}$$

Sed $\int(n+1)^{m+1}-\int n^{m+1}=(n+1)^{m+1}$ (§.200):

Ergo $$(n+1)^{m+1}-\frac{m+1.\,m}{1.\;2}\int n^{m-1}-\frac{m+1.\,m.\,m-1}{1.\;2.\;3.}\int n^{m-2}-\frac{m+1.\,m.\,m-1.\,m-2}{1.\;2.\;3.\;4}\int n^{m-3}\ \text{\&c. in infin.}-1=\frac{m+1}{1}\int n^{m}$$

consequenter $$\int n^{m}=\frac{1}{m+1}(n+1)^{m+1}-\frac{m}{1.2}\int n^{m-1}-\frac{m.\,m-1}{1.\;2.\;3.}\int n^{m-2}-\frac{m.\,m-1.\,m-2}{1.\;2.\;3.\;4.}\int n^{m-3}\ \text{\&c. in infin.}-\frac{1}{m+1}=\int n^{m}$$

E. gr. ſit $m=3$, erit $m+1=4$, $m-1=2$, $m-2=1$, $m-3=0$, adeoque $\frac{1}{4}(n+1)^4-\frac{3}{2}\int n^2-\int n^1-\frac{1}{4}\int n^0-\frac{1}{4}=\int n^3$, ut ante (§.200).

SCHOLION.

204. *Theorema generale terminis quidem conſtat infinitis; in caſibus tamen ſpecialibus numerus terminorum finitus evadit, quia reliqui evaneſcunt, quando numerus ab* m *ſubtrahendus fit ipſi* m *aequalis: quemadmodum ex allato exemplo ſpeciali apparet. Ita vero ſummationem potentiarum via vere analytica eruimus, eaque perfacili, ad captum tyronum. Semper tamen utendum eſt termino ultimo* $\frac{1}{m+1}$: *cujus ratio ante allata* (§.201).

COROLLARIUM.

205. Cum ſummatio potentiarum ſuperiorum a ſummatione omnium inferiorum pendeat; ſi in formulis altioribus pro $\int n^{m-1}$, $\int n^{m-2}$, $\int n^{m-3}$ &c. valores ex inferioribus ſubſtituantur, prodibunt formulæ per ſolum n ſummas potentiarum determinantes, non præſuppoſitis ſummationibus anterioribus: E. gr.

$\int n^0=n$ (§.200)

$2\int n^1=(n+1)^2-\int n^0-1$ (§.200) $=n^2+2n+1-n-1$ (§.81) $=n^2+n$

$3\int n^2=(n+1)^3-3\int n^1-\int n^0-1$ (§.200) $=n^3+3n^2+3n+1-\frac{3}{2}n^2-\frac{3}{2}n-n-1$

$=(2n^3$

$$= (2n^3 + 6n^2 + 2 - 3n^2 - 3n - 2n - 2):2 = \frac{2n^3 + 3n^2 + n}{2}$$

$$4\int n^3 = (n+1)^4 - 6\int n^2 - 4\int n^1 - \int n^0 - 1 \text{ (§. 203)} = n^4 + 4n^3 + 6n^2 + 4n + 1 - 2n^3 - 3n^2 - n - 2n^2 - 2n - n - 1 = n^4 + 2n^3 + n^2.$$

$$5\int n^4 = (n+1)^5 - 10\int n^3 - 10\int n^2 - 5\int n^1 - \int n^0 - 1 = n^5 + 5n^4 + 10n^3 + 10n^2 + 5n + 1 - \frac{10n^4 - 20n^3 - 10n^2}{4} - \frac{10n^3 - 15n^2 - 5n}{3} - \frac{5n^2 - 5n}{2} - n - 1 = (6n^5 + 30n^4 + 60n^3 + 60n^2 + 30n + 6 - 15n^4 - 50n^3 - 60n^2 - 31n - 6):6 = \frac{6n^5 + 15n^4 + 10n^3 - n}{6}.$$

Hinc $\int n^0 = n$

$\int n^1 = (n^2 + n):2$

$\int n^2 = (2n^3 + 3n^2 + n):6$

$\int n^3 = (n^4 + 2n^3 + n^2):4$

$\int n^4 = (6n^5 + 15n^4 + 10n^3 - n):30$

&c. &c.

DEFINITIO 16.

206. *Numeri Polygoni* ſunt ſummæ progreſſionum arithmeticarum ab unitate incipientium. Dicuntur in ſpecie *Triangulares*, ſi differentia terminorum fuerit 1; *Quadrati*, ſi 2; *Pentagoni*, ſi 3; *Hexagoni*, ſi 4; *Heptagoni*, ſi 5; *Octogoni*, ſi 6 &c.

Progr. Arithm.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8
Num. Triang.	1.	3.	6.	10.	15.	21.	28.	36
Prog. Arithm.	1.	3.	5.	7.	9.	11.	13.	15
Num. Quadr.	1.	4.	9.	16.	25.	36.	49.	64
Progr. Arithm.	1.	4.	7.	10.	13.	16.	19.	22
Num. Pentag.	1.	5.	12.	22.	35.	51.	70.	92
Progr. Arithm.	1.	5.	9.	13.	17.	21.	25.	29
Num. Hexag.	1.	6.	15.	28.	45.	66.	91.	120

SCHOLION.

207. *Numeri polygoni nomina ſortiuntur a figuris geometricis, in quas puncta unitatibus reſpondentia diſponi poſſunt.* E. gr. *Tria puncta numeri triangularis 3 unitatibus reſpondentia diſponuntur in triangulum: & idem tenendum eſt de reliquis numeris triangularibus.*

DEFINITIO 17.

208. *Latus numeri polygoni* eſt numerus terminorum progreſſionis arithmeticæ, qui ſummantur. *Numerus* vero *angulorum* eſt, qui indicat, quot angulos figura habet, unde numerus polygonus nomen ſuum ſortitur.

COROLLARIUM.

209. Numerus adeo angulorum in triangularibus 3; in tetragonis 4; in pentagonis 5 &c. conſequenter differentiam terminorum, qui ſummantur, excedit duabus unitatibus (§. 206).

PROBLEMA 80.

201. *Dato latere numeri polygoni & numero angulorum; invenire numerum polygonum.*

Sit

Sit latus $= n$
numerus angulorum $= a$
terminus primus progreſſionis $= 1$ (§. 206).
differentia terminorum $= a-2$ (§. 209).
terminus ultimus $1+(a-2)(n-1)$
primus 1 (§. 333 *Arith.*)

Summa primi & ult. $2+(a-2)(n-1)$
hoc eſt $4+na-2n-a$
dimid. term. num. $\frac{1}{2}n$

Num. polyg. $2n+\frac{1}{2}n^2a-n^2-\frac{1}{2}an$ (§. 206. 107) $=(n^2a-2n^2-an+4n):2=\frac{n^2(a-2)-n(a-4)}{2}$

Theorema. Numerus polygonus eſt ſemidifferentia factorum ex quadrato lateris in numerum angulorum duabus unitatibus mulctatum & ex ipſo latere in numerum angulorum quaternario mulctatum.

COROLLARIUM 1.

211. Sit $a=3$, erit triangularis, $=\frac{1n^2+1n}{2}$

Sit $a=4$, erit quadratus $=\frac{2n^2-0n}{2}=n^2$

Sit $a=5$, erit pentagonus $=\frac{3n^2-1n}{2}$

Sit $a=6$, erit hexagonus $=\frac{4n^2-2n}{2}=2n^2-n$

Sit $a=7$, erit heptagonus $=\frac{5n^2-3n}{2}$

Sit $a=8$, erit octogon. $=\frac{6n^2-4n}{2}=3n^2-2n$

&c. &c.

COROLLARIUM 2.

212. Quoniam numerus polygonus $\frac{n^2(a-2)-n(a-4)}{2}$ (§. 210); erit ſumma ſeriei cujuscunque numerorum polygonorum $\frac{(a-2)\int n^2-(a-4)\int n^1}{2}$. Nempe quia $a-2$ & $a-4$ ſunt numeri conſtantes, qui in caſu ſpeciali ſunt determinati, non ſummantur. Sed $\int n^2=\frac{2n^3+3n^2+n}{6}$ & $\int n^1=\frac{n^2+n}{2}=\frac{3n^2+3n}{6}$ (§. 205). Ergo ſumma polygonorum $\frac{(a-2)(2n^3+3n^2+n)-(a-4)(3n^2+3n)}{12}=(2an^3+3an^2+an-4n^3-6n^2-2n^2-3an^2-3an+12n^2-12n):12=(an^3-an-2n^3+3n^2+5n):6=\frac{(a-12)n^3+3n^2-(a-5)n}{6}$: unde porro theoremata ſpecialia eliciuntur, determinato numero angulorum a. Nempe ſumma

triangularium $(n^3+3n^2+2n):6$
pentagonorum $(n^3+n^2):2$
hexagonorum $(4n^3+3n^2-n):6$
heptagonorum $(5n^3+3n^2-2n):6$
octogonorum $(2n^3+n^2-n):2$
&c. &c.

Digitized by Google

Eſt enim pro triangularibus $a=3$, pro pentagonis $a=5$, pro hexagonis $a=6$, pro heptagonis $a=7$, pro octogonis $a=8$ &c. (§. 208).

PROBLEMA 81.

213. *Dato numero polygono & numero angulorum invenire latus.*

Sit numerus polygonus $=p$ latus $=x$

numerus angulorum $=a$

erit differentia terminorum $=a-2$ (§. 209)

terminus primus $=1$ (§. 206)

adeoque ultimus $=1+(x-1)(a-2)$

hoc eſt $3+ax-2x-a$ (§. 333 *Arithm.*)

terminus primus 1

ſumma pr. & ult. $4+ax-2x-a$

dimid. num. term. $\frac{1}{2}x$

numerus polygonus $2x+\frac{1}{2}ax^2-x^2-\frac{1}{2}ax$ (§. 108).

Quare $\frac{1}{2}ax^2-x^2+2x-\frac{1}{2}ax=p$

2

$$ax^2-2x^2+4x-ax=2p$$

$a-2$

$$x^2+\frac{4-a}{a-2}x=\frac{2p}{a-2}$$

hoc eſt, ſi fiat $(a-4):(a-2)=m$

$$x^2-mx=2p:(a-2)$$

$$\tfrac{1}{4}m^2 \quad \tfrac{1}{4}m^2$$

$$x^2-mx+\tfrac{1}{4}m^2=\tfrac{1}{4}m^2+2p:(a-2)$$

$$x-\tfrac{1}{2}m=\sqrt{(\tfrac{1}{4}m^2+2p:(a-2))}$$

$$\tfrac{1}{2}m-x=$$

$$x=\tfrac{1}{2}m+\sqrt{(\tfrac{1}{4}m^2+2p:(a-2))}$$

hoc eſt, ſubſtituto valore ipſius m,

$$x=\frac{a-4}{2a-4}+\sqrt{\left(\frac{a^2-8a+16}{4a^2-16a+16}+\frac{4p}{2a-4}\right)}$$

$$=\frac{a-4+\sqrt{(8ap-16p+a^2-8a+16)}}{2a-4}$$

$$=\frac{a-4+\sqrt{(8(a-2)p+(a-4)^2)}}{2a-4}$$

obtinet nimirum ſignum +, quia radix major eſt quam $a-4$.

Sit e. gr. $a=3$, erit latus numeri triangularis $\frac{-1+\sqrt{(8p+1)}}{2}$

Sit $a=5$, erit latus pentagoni $\frac{1+\sqrt{(24p+1)}}{6}$

Sit $a=6$, erit latus hexagoni $\frac{2+\sqrt{(32p+4)}}{8}$

Sit $a=7$, erit latus heptagoni $\frac{3+\sqrt{(40p+9)}}{10}$

&c. &c.

DE-

Digitized by Google

DEFINITIO 18.

214. Summæ numerorum polygonorum eodem modo collectæ, quo ex progreſſionibus arithmeticis ipſi polygoni eliciuntur, dicuntur *Pyramidales primi*: Summæ pyramidalium primorum *Pyramidales ſecundi*: ſummæ pyramidalium ſecundorum *Pyramidales tertii* &c. in infinitum. Speciatim *Pyramidales triangulares primi* vocantur, ſi ex triangularibus ortum ducant; *Pyramidales pentagoni primi*, ſi ex pentagonis oriuntur &c.

E. gr. Num. triang. =	1.	3.	6.	10.	15.	21
Pyram. triang. pr. =	1.	4.	10.	20.	35.	56
ſecundi =	1.	5.	15.	35.	70.	126
tertii =	1.	6.	21.	56.	126,	252
&c.			&c.			

COROLLARIUM.

215. Cum igitur ſummare docuerimus numeros polygonos (§. 212), evidens jam eſt, quomodo numeri pyramidales primi inveniantur. Nempe $\frac{(a-2)n^3+3n^2-(a-5)n}{6}$ exprimit omnes numeros pyramidales primos *vi* §. *cit.*

PROBLEMA 82.

216. *Invenire ſummam numerorum pyramidalium ſuperioris ordinis cujuscunque, ſeu dato quolibet inferiore proxime ſuperiorem.*

Non alia re opus eſt, quam ut juxta methodum ſuperius traditam (§. 200) numeri pyramidales proxime inferioris ordinis ſummentur: ita enim habentur eorum ſummæ. Quare cum numerus pyramidalis primi ordinis ſit $\frac{(a-2)n^3+3n^2-(a-5)n}{6}$ (§. 215); erit ſumma pyramidalium primi ordinis $\frac{(a-2)\int n^3+3\int n^2-(a-5)\int n^1}{6}$

Sed $\int n^3=(n^4+2n^3+n^2):4$, $\int n^2=(2n^3+3n^2+n):6$, $\int n^1=(n^2+n):2$, (§. 205). Ergo ſumma pyramidalium primi ordinis, ſeu numerus pyramidalis ſecundi ordinis $=\frac{(a-2)(n^4+2n^3+n^2)+2(2n^3+3n^2+n)-(a-5)(2n^2+2n)}{24}=$ $(an^4+2an^3-an^2-2an-2n^4+14n^2+12n):24=\frac{(a-2)n^4+2an^3-(a+14)n^2-(2a+12)n}{24}$.

Sit e. gr. $a=3$, hoc eſt, quæratur ſumma pyramidalium triangularium primi ordinis; erit ea $\frac{n^4+6n^3+11n^2+6n}{24}$. Quoniam vero ſumma inventa generalis exprimit

primit numerum quemcunque pyramidalem ſecundi ordinis (§. 214), ſi ea porro eundem in modum ſummetur, prodibit ſumma pyramidalium ſecundi ordinis ſeu numerus pyramidalis ordinis tertii (§. *cit.*). Et ita progredi licet, quousque libet.

COROLLARIUM 1.

217. Cum ſumma unitatum ſit n, ſumma laterum $\frac{n^2+n}{2} = \frac{n}{1}.\frac{n+1}{2}$ (§. 205), ſumma triangularium $\frac{n^3+3n^2+2n}{6} = \frac{n}{1}.\frac{n+1}{2}.\frac{n+2}{3}$ (§. 215), ſumma pyramidalium primi ordinis $\frac{n^4+6n^3+11n^2+6n}{24} = \frac{n}{1}.\frac{n+1}{2}.\frac{n+2}{3}.\frac{n+3}{4}$ (§. 216). &c. evidens eſt lex, qua numeri pyramidales ex triangularibus orti in infinitum ſummentur. Nimirum numerus fractionum in ſe invicem ducendarum excedit numerum ordinis tribus unitatibus, fractionum earundem numeratores progrediuntur in ſerie naturali numerorum, ſed terminus primus progreſſionis eſt latus numeri figurati, denominatores ſunt numerorum naturalium progreſſio ab unitate incipiens. Nempe dato latere n, erit numerus pyramidalis triangularis indeterminatus $\frac{n+0}{1}.\frac{n+1}{2}.\frac{n+2}{3}.\frac{n+3}{4}.\frac{n+4}{5}.\frac{n+5}{6}$ &c. in infinit.

COROLLARIUM 2.

218. Hinc apparet, quales numeri ſint unciæ potentiarum (§. 95).

PROBLEMA 83.

219. *Dato numero quantitatum, una cum numero indicante, quot earum invicem combinari debeant, invenire numerum combinationum.*

Quantitas una nullam; duæ a & b nonniſi unam combinationem ab admittunt. Trium combinationes ſunt tres, nempe ab, ac, bc; quatuor vero ſex ab, ac, bc, ad, bd, cd; quinque decem $ab, ac, bc, ad, bd, cd, ae, be, ce, de$, & ita porro. Unde apparet, numeros combinationum progredi ut 1. 3. 6. 10 &c. hoc eſt, eſſe numeros triangulares (§. 206), quorum latus differt unitate a numero quantitatum datarum. Si nempe hic foret q, erit latus numeri combinationum $q-1$, adeoque numerus combinationum $\frac{q-1}{1}.\frac{q+0}{2}$ (§. 217).

Si quantitates tres invicem combinandæ & numero itidem tres fuerint, erit combinatio tantum

unica

unica *abc*. Si quarta accedat, combinationes reperies quatuor *abc, abd, bcd, acd;* ſi quinta, decem *abc, abd, bcd, acd, abe, bde, bce, ace, ade;* ſi ſexta, viginti & ita porro. Numeri ergo combinationum progrediuntur, ut 1. 4. 10. 20 &c. hoc eſt, ſunt numeri pyramidales trianguiares primi (§. 214), quorum latus a numero quantitatum datarum differt duabus unitatibus, ſeu exponente unitate mulctato. Hinc ſi numerus quantitatum datarum fuerit q, erit latus $q-2$, adeoque numerus combinationum $\frac{q-2}{1}\cdot\frac{q-1}{2}\cdot\frac{q+0}{3}$, (§. 271).

Si quantitates quatuor invicem combinandæ, numeros combinationum progredi deprehendimus ut numeros pyramidales triangulares ſecundi ordinis 1. 5. 15. 35 &c. (§. 214), quorum latus a numero quantitatum differt tribus quantitatibus ſeu exponente unitate mulctato. Quare ſi numerus quantitatum fuerit q, erit latus $q-3$, adeoque numerus combinationum $\frac{q-3}{1}\cdot\frac{q-2}{2}\cdot\frac{q-1}{3}\cdot\frac{q+0}{4}$ (§. 217).

Hinc facile abſtrahitur regula generalis determinandi numerum combinationum in caſu quocunque. Sit nempe numerus quantitatum combinandarum q, exponens combinationis n, erit numerus combinationum $\frac{q-n+1}{1}\cdot\frac{q-n+2}{2}\cdot\frac{q-n+3}{3}\cdot\frac{q-n+4}{4}\cdot\frac{q-n+5}{5}$ &c. donec numerus addendus ſit ipſi n æqualis.

E. gr. Sit numerus quantitatum combinandarum $= 6$, exponens combinationis 4; erit numerus combinationum $\frac{6-4+1}{1}\cdot\frac{6-4+2}{2}\cdot\frac{6-4+3}{3}\cdot\frac{6-4+4}{4} = \frac{6-3}{1}\cdot\frac{6-2}{2}\cdot\frac{6-1}{3}\cdot\frac{6+0}{4} = \frac{3}{1}\cdot\frac{4}{2}\cdot\frac{5}{3}\cdot\frac{6}{4} = 15$.

COROLLARIUM.

220. Quodſi quantitatum datarum omnes combinationes poſſibiles ſcire deſideres, incipiendo nempe a combinationibus ſingularum binarum; addi oportet $\frac{q-1}{1}\cdot\frac{q+0}{2}$, $\frac{q-2}{1}\cdot\frac{q-1}{2}\cdot\frac{q+0}{3}$, $\frac{q-3}{1}\cdot\frac{q-2}{2}\cdot\frac{q-1}{3}\cdot\frac{q+0}{4}$ &c. Undenumerus omnium combinationum poſſi-

bilium erit $\frac{q.\,q-1}{1.\,2} + \frac{q.\,q-1.\,q-2}{1.\,2.\,3} + \frac{q.\,q-1.\,q-2.\,q-3}{1.\,2.\,3.\,4} + \frac{q.\,q-1.\,q-2.\,q-3.\,q-4}{1.\,2.\,3.\,4.\,5}$ &c. Quæ eſt ſumma unciarum binomii ad dignitatem q evecti mulctata exponente dignitatis unitate aucto $q+1$ (§. 95). Quare cum hæ unicæ prodeant $1+1$ ad dignitatem q evehendo *per probl.* 29. (§. *cit.*), ſit vero $1+1=2$; erit 2^q-q-1 numerus omnium combinationum poſſibilium. E. gr. Si numerus quantitatum 5, erit numerus combinationum poſſibilium $2^5-6=32-6=26$.

SCHOLION.

221. *Uncias prodire debere pro binomio*, $1+1$ *ad eam dignitatem elevando, ad quam elevatur binomium* $a+b$: *patet exinde, quod uncia partium* a *&* b *ſit* 1, *atque adeo ut facta litteralia ex* a *&* b, *ita unciæ ex* 1 *&* 1 *in ſe invicem ductis prodire debeant. Vide calculum*:

$$\begin{array}{rl} 1+1 & \text{Unc. Rad.} \\ 1+1 & \\ \hline +1+1 & \\ 1+1 & \\ \hline 1+2+1 & \text{Unc. Quadr.} \\ 1+1 & \text{Unc. Rad.} \\ \hline +1+2+1 & \\ 1+2+1 & \\ \hline 1+3+3+1 & \text{Unc. Cubi.} \end{array}$$

&c. &c.

PROBLEMA 34.

222. *Dato numero quantitatum, invenire numerum omnium variationum, quas quantitates omnibus modis poſſibilibus combinatæ ac permutatæ ſubire poſſunt.*

Sint quantitates duæ *a* & *b*, erunt variationes permutationum 2 (§. 129), conſequenter cum earum qualibet etiam cum ſeipſa combinari poſſit, iſtis addendæ adhuc ſunt variationes 2. Ergo numerus omnium eſt, $2+2=4$. Quodſi tres fuerit & exponens variationis 2, combinationes erunt 3 & permutationes 3, nempe *ab*, *ac*, *bc*, & *ba*, *ca*, *cb* (§. 129): quibus ſi addas conbinationes tres uniuscujusque quantitatis cum ſeipſa *aa*, *bb*, *cc*; habebis numerum variationum $3+3+3=9$.

Eodem modo patet, ſi quantitates fuerint quatuor & exponens 2, numerum combinationum fore 6, & numerum permutationum itidem 6, numerum com-

combinationum cum ſeipſa 4, adeoque numerum variationum 16; ſi manente exponente quantitates fuerint quatuor, numerum variationum fore 25 &c. & in genere ſi numerus quantitatum fuerit n, numerum variationum fore n^2.

Sint quantitates tres & exponens variationis 3; reperitur numerus variationum $27 = 3^3$, nempe *aaa*, *aab*, *aba*, *baa*, *abb*, *aac*, *aca*, *caa*, *abc*, *bac*, *bca*, *acb*, *cab*, *cba*, *acc*, *cac*, *cca*, *bba*, *bab*, *bbb*, *bbc*, *cbb*, *bcb*, *bcc*, *cbc*, *ccb*, *ccc*.

Nec abſimili modo conſtabit, ſi quantitates fuerint quatuor & exponens 3, fore numerum variationum $64 = 4^3$: & in genere, ſi fuerit quantitatum numerus $= n$, exponens 3, fore numerum variationum n^3.

Quodſi ita progredi libuerit, reperietur tandem, ſi quantitatum numerus fuerit n, & exponens n, fore numerum variationum n^n.

Quare ſi antecedentes omnes addas, ubi exponens minor; reperietur numerus omnium variationum poſſibilium $n^n + n^{n-1} + n^{n-2} + n^{n-3} + n^{n-4} + n^{n-5} + n^{n-6}$ &c. donec numerus ex n ſubtractus relinquat 1, quia initium fit a quantitatibus ſingulis ſemel poſitis.

Cum adeo numerus omnium variationum poſſibilium ſit progreſſio geometrica, cujus terminus primus ſeu minimus n^1, maximus n^n, denominator n (§. 332 *Arithm.* & 314 *Analyſ.*); erit is $= (n^{n+1} - n) : (n-1)$, (§. 122).

Sit e. gr. $n = 4$. erit numerus variationum poſſibilium $(4^5 - 4) : (4-1) = 1020 : 3 = 340$. Sit $n = 24$, erit numerus omnium variationum poſſibilium $(24^{25} - 24) : (24-1) = 3200965864440681898677795553482506 00 : 23 = 139172428888725299942512849340 2200$. Tot ergo modis 24 literæ inter ſe componi poſſunt.

CA-

CAPUT II.

DE ALGEBRA AD PROBLEMATA ARITHMETICA INDETERMINATA APPLICATA.

PROBLEMA 85.

223. *Invenire duos numeros, quorum ſumma una cum facto eorundem æquatur numero dato.*

Sit numerus datus $= a$, quæſitorum unus $= x$, alter $= y$: erit per conditionem problematis

$$xy + x + y = a$$

$$xy + x = a - y$$

$$\overline{\qquad\qquad} \; y + 1$$

$$x = (a - y) : (y + 1)$$

Sit $a = 30$, $y = 2$: erit $x = (30 - 2) : (2 + 1) = 28 : 3 = 9\frac{1}{3}$. Sit $a = 20$, $y = 2$: erit $x = (20 - 2) : (2 + 1) = 18 : 3 = 6$. Sit $a = 19$, $y = 4$: erit $x = (19 - 4) : (4 + 1) = 15 : 5 = 3$.

Aliter.

Sit numerus datus $= a$, quæſitorum unus $= x + y$, alter $= x - y$ (§. 6), erit per conditionem problematis

$$x^2 - y^2 + 2x = a$$

$$x^2 + 2x = y^2 + a$$

$$\quad 1 \qquad\quad 1 \quad (\text{§.} 143)$$

$$x^2 + 2x + 1 = y^2 + a + 1$$

$$x + 1 = \sqrt{(y^2 + a + 1)}$$

$$x = \sqrt{(y^2 + a + 1)} - 1$$

Unde apparet, ut ex $y^2 + a + 1$ radix extrahi poſſit, $a + 1$ eſſe debere differentiam duorum quadratorum, quorum unum eſt y^2.

E. gr. Sit $a = 19$, $y = \frac{1}{2}$; erit $x = \sqrt{(\frac{1}{4} + 19 + 1)} - 1 = \sqrt{\frac{81}{4}} - 1 = \frac{9}{2} - 1 = \frac{7}{2} = 3\frac{1}{2}$. Ergo $x + y = 3\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 4$ & $x - y = 3\frac{1}{2} - \frac{1}{2} = 3$. Sit $a = 20$, $y = 2$; erit $x = \sqrt{(4 + 20 + 1)} - 1 = \sqrt{25} - 1 = 5 - 1 = 4$. Ergo $x + y = 4 + 2 = 6$ & $x - y = 4 - 2 = 2$.

PROBLEMA 86.

224. *Invenire quatuor numeros ejus conditionis, ut ſumma primi & ſecundi æquetur tertio, differentia vero primi & ſecundi quarto.*

Sit numerus primus $= x$, ſecundus $= y$; tertius $= z$, quartus $= t$, erit per conditiones problematis

$y + x$

$$\frac{y+x=z}{x=z-y} \qquad \frac{x-y=t}{x=t+y}$$

Quare (§. 87 *Arithm.*)

$$\frac{\frac{\frac{t+y=z-y}{t+2y=z}}{2y=z-t}}{y=(z-t):2}$$

Ergo $x=(z-t):2+t=(z+t):2.$

Unde apparet, ſi numeri integri deſiderentur, pro z & t aſſumi debere vel numeros pares, vel impares: nequaquam alterum parem, alterum imparem (§. 72. 74).

Sit $z=8$, $t=2$: erit $y=(8-2):2=6:2=3$ & $x=(8+2):2=4+1=5$. Similiter ſit $z=5$, $t=1$: erit $x=(5+1):2=3$ & $y=(5-1):2=2$.

PROBLEMA 87.

225. *Invenire duos numeros ejus conditionis, ut unusquisque cum partibus ſuis aliquotis efficiat unam ſummam.*

Sit unus $=mx$, alter $=ny$; erit per conditionem problematis

$$\frac{\frac{1+m+mx+x=1+n+ny+y}{mx+x=1+n+(n+1)y-(1+m)}}{x=(1+n+(n+1)y-1-m):(m+1)}$$

(*Wolfii Math. Tom. I.*)

Apparet ergo, $1+n$ denotare ſummam partium aliquotarum denominatoris multipli ipſius y, & $1+m$ ſummam partium aliquotarum denominatoris multipli ipſius x: poſſe autem non modo y, ſed & utrumque denominatorem pro arbitrio aſſumi, ſed ut y ſit numerus impar, isque primus.

Sit e. gr. $m=1$, $n=1$, $y=3$. Erunt partes aliquotæ ipſius n 1 & 2, ipſius m autem 1: conſequenter $x=2+1+(2+1)y-1=2+3y=2+9=11$. Sit $m=4$, $n=8$, $y=13$: erit $1+n=1+2+4+8=15$ & $1+m=1+2+4=7$, conſequenter $x=(15+157-7):7=(210-7):7=203:7=29$.

PROBLEMA 88.

226. *Invenire duos numeros, quorum ſumma æquatur quadrato minoris.*

Sit numerus major $=x$, minor $=y$: erit per conditionem problematis.

$$\frac{x+y=y^2}{x=y^2-y=(y-1)y}$$

Unde apparet, numerum majorem eſſe factum ex minore in eundem minorem unitate mulctatum.

 Sit

Digitized by Google

Sit $y=3$; erit $x=2.3=6$. Sit $y=5$; erit $x=4.5=20$. Sit $y=9$; erit $x=8.9=72$.

PROBLEMA 89.

227. *Invenire duos numeros ejus conditionis, ut ſumma quadratorum æquetur cubo minoris.*

Sit numerus major $=x$, minor $=y$: erit per conditionem problematis

$$x^2+y^2=y^3$$

$$x^2=y^3-y^2=y^2(y-1)$$

$$x=y\sqrt{(y-1)}$$

Apparet adeo, pro y aſſumendum eſſe numerum, qui unitate quadratum excedit, hoc eſt, quadratum quodlibet unitate auctum.

E. gr. Sit $y=5$, erit $x=5\sqrt{(5-1)}=5\sqrt{4}=5.2=10$. Sit $y=17$, erit $x=17\sqrt{(17-1)}=17\sqrt{16}=17.4=68$.

PROBLEMA 90.

228. *Invenire duos numeros ejus conditionis, ut factum æquale ſit cubo, cujus radix facto ex numero primo in quadratum ſecundi æquatur.*

Sit numerus primus $=x$, ſecundus $=y$, radix cubica $=v$, erit per conditiones problematis

$$v=xy^2 \qquad xy=v^3$$

$$v:y^2=x \qquad x=v^3:y$$

$$v:y^2=v^3:y \quad \cdot y^2$$

$$v=yv^3 \quad : v$$

$$1=yv^2$$

$$1:v^2=y$$

Ergo $x=v^3:\frac{1}{v^2}=v^5$

Sit $v=2$, erit $x=32$, $y=\frac{1}{4}$. Sit $v=3$, erit $x=243$, $y=\frac{1}{9}$.

PROBLEMA 91.

229. *Invenire duos numeros, quorum quadrata differunt quadrato.*

Sit numerus unus $=x+y$, alter $=x-y$: erit per conditionem problematis,

$$\begin{array}{l} x^2+2xy+y^2 \\ x^2-2xy+y^2 \quad \text{ſubt.} \end{array}$$

$$4xy=v^2 \quad : 4y$$

$$x=v^2:4y$$

Patet adeo, pro y aſſumendum eſſe numerum, per cujus quadruplum dividi poteſt quadratum aliquod.

Sit

Digitized by Google

Sit e. gr. $v^2 = 16$, $y = 1$: erit $x = 16 : 4 = 4$. Ergo $x + y = 4 + 1 = 5$ & $x - y = 4 - 1 = 3$. Sit $v^2 = 36$, $y = 3$: erit $x = 36 : 12 = 3$. Ergo $x + y = 6$ & $x - y = 0$. Sit $v^2 = 36$, $y = 9$: erit $x = 36 : 36 = 1$. Ergo $x + y = 10$ & $x - y = 8$.

PROBLEMA 92.

230. ***Summam duorum quadratorum in duo alia quadrata dividere.***

Sit latus quadrati majoris $= a$, minoris $= b$. Sit porro latus quadrati unius ex quæſitis minus quam a, adeoque $a - z$; erit quadrati alterius latus majus quam b. Poterat itaque dici $y - b$. Enimvero ut in calculo irrationalitas evitetur, rectius id nuncupatur $yz - b$. Quare per conditionem problematis

$$a^2 - 2az + z^2 + y^2z^2 - 2byz + b^2 = a^2 + b^2$$

$$z^2 + y^2z^2 - 2az - 2byz = 0$$

$$z + y^2z - 2a - 2by = 0$$

$$y^2z + z = 2a + 2by$$

$$\overline{}\; y^2 + 1$$

$$z = (2a + 2by) : (y^2 + 1)$$

Sit e. gr. $a = 3$, $b = 2$, $y = 2$: erit $z = (6 + 8) : (4 + 1) = 14 : 5 = 2\frac{4}{5}$. Ergo $a - z = 3 - 2\frac{4}{5} = \frac{15}{5} - \frac{14}{5} = \frac{1}{5}$ & $yz - b = {}^{2}{}_{8} - 2 = \frac{28}{5} - \frac{10}{5} = \frac{18}{5} = 3\frac{3}{5}$.

SCHOLION.

231. *Dum quadratorum quæſitorum latera aſſumuntur, valores eorum quantitates* a & b *ingredi debent, ut in utraque æquationis membro ſit* $a^2 + b^2$. *Porro vero in valore lateris alterius* y *multiplicari debet per* z, *ut ſublato utrinque* $a^2 + b^2$ *reſiduum ſit diviſibile per* z. *Ita enim* z *reducitur ad unam dimenſionem, ſicque æquatio in terminis rationalibus eſt reducibilis.*

PROBLEMA 93.

232. ***Invenire duos quadratos numeros, qui differunt numero dato.***

Sit latus quadrati minoris $= x$, majoris $= y + x$, differentia quadratorum $= d$: erit quadratum majus $= x^2 + 2xy + y^2$, minus $= x^2$, conſequenter per conditionem problematis

$$2xy + y^2 = d$$

$$2xy = d - y^2$$

$$\overline{}\; 2y$$

$$x = (d - y^2) : 2y$$

Unde apparet, pro y aſſumi debere numerum, qui ſit minor quam $\sqrt{d}$.

Sit e. gr. $d = 10$, $y = 3$: erit $x = (10 - 9) : 6 = \frac{1}{6}$ & $x + y = 3 + \frac{1}{6} = \frac{19}{6}$. Sit $d = 11$, $y = 1$: erit $x = (11 - 1) : 2 = 10 : 2 = 5$ & $x + y = 5 + 1 = 6$. Sit $d = 48$, $y = 4$: erit $x = (48 - 16) : 8 = 6 - 2 = 4$ & $x + y = 4 + 4 = 8$.

PROBLEMA 94.

233. *Numerum datum dividere, in duos alios, quorum factum eſt numerus quadratus.*

Sit numerus datus $= 2a$, differentia $= 2y$: erit major $a + y$, minor $a - y$ (§. 5), factum $= aa - yy$. Ut calculus ab irrationalitate liberetur, pro latere quadrati aſſumendus eſt valor, quem ingreditur y & qui diverſis gaudet ſignis. Sit ergo $= xy - a$: erit per conditionem problematis

$$aa - y^2 = a^2 - 2axy + x^2y^2$$
$$-y^2 = -2axy + x^2y^2 \qquad -y$$
$$-y = 2ax + x^2y$$
$$2ax = x^2y + y \qquad x^2 + 1$$
$$2ax : (x^2 + 1) = y$$

Sit e. gr. $2a = 10$, $x = 2$: erit $y = 20 : (4 + 1) = 20 : 5 = 4$. Ergo $a + y = 5 + 4 = 9$; $a - y = 5 - 4 = 1$. Sit $2a = 10$, $x = 3$: erit $y = 30 : (9 + 1) = 30 : 10 = 3$.

PROBLEMA 95.

234. *Datum numerum dividere in duos numeros, quorum differentia eſt numerus quadratus.*

Sit numerus datus $= a$, quæſitorum major $= x$, minor $= y$: erit per conditiones problematis.

$$x + y = a \qquad x - y = v^2$$
$$x = a - y \qquad x = v^2 + y$$
$$a - y = v^2 + y$$
$$a = v^2 + 2y$$
$$a - v^2 = 2y$$
$$(a - v^2) : 2 = y$$

Pro v^2 itaque aſſumendus eſt numerus quadratus, qui ex numero dato a ſubductus parem relinquit.

Sit e. gr. $a = 40$, $v^2 = 16$: erit $y = (40 - 16) : 2 = 24 : 2 = 12$. Ergo $x = 40 - 12 = 28$. Sit $a = 40$, $v^2 = 4$: erit $y = (40 - 4) : 2 = 36 : 2 = 18$. Ergo $x = 40 - 18 = 22$. Sit $a = 35$, $v^2 = 9$: erit $y = (35 - 9) : 2 = 26 : 2 = 13$ & $x = 35 - 13 = 22$.

PROBLEMA 96.

235. *Invenire duos numeros ejus conditionis, ut unus additus quadrato alterius efficiat numerum quadratum, cujus radix æquatur ſummæ numerorum.*

Sit numerus unus $= x$, alter $= y$: erit per conditionem problematis

$x^2 +$

Digitized by Google

$$x^2+y=x^2+2xy+y^2$$

$$y=2xy+y^2 \quad \text{(divide by } y\text{)}$$

$$1=2x+y$$

$$1-y=2x$$

$$(1-y):2=x$$

Numeri adeo quæſiti unitate minores, conſequenter fracti eſſe debent, & y numerus quilibet fractus eſſe poteſt.

Sit $y=\frac{1}{2}$; erit $x=(1-\frac{1}{2}):2=\frac{1}{2}:2=\frac{1}{4}$. Sit $y=\frac{1}{3}$; erit $x=(1-\frac{1}{3}):2=\frac{2}{3}:2=\frac{1}{3}$. Sit $y=\frac{1}{4}$; erit $x=(1-\frac{1}{4}):2=\frac{3}{4}:2=\frac{3}{8}$.

PROBLEMA 97.

236. *Invenire duos numeros ejus conditionis, ut differentia ipſorum habeat ad differentiam quadratorum rationem datam.*

Sit numerus major $=x$, minor $=y$, ratio data $=a:b$; erit per conditionem problematis

$$x-y:x^2-y^2=a:b$$

h. e. $1:x+y=a:b$ (§. 124)

$$ax+ay=b$$

$$x+y=b:a \quad \text{(divide by } a\text{)}$$

$$x=b:a-y$$

Sit $b:a=9$, $y=4$; erit $x=5$. Vel ſit $y=3$; erit $x=6$.

PROBLEMA 98.

237. *Invenire numerum, qui, ſi multiplicetur per duos numeros datos, quadrata duo producat.*

Sit numerus datus unus $=a$, alter $=b$, quæſitus $=x$, erit per conditiones problematis.

$$ax=y^2 \qquad bx=v^2$$

$$x=y^2:a \quad \text{(divide by } a\text{)} \qquad x=v^2:b \quad \text{(divide by } b\text{)}$$

$$y^2:a=v^2:b$$

$$y^2=av^2:b \quad \text{(multiply by } a\text{)}$$

$$y=v\sqrt{(a:b)}$$

Quodſi ergo numerus rationalis deſideretur, $a:b$ quadratum eſſe debet.

Sit $a=32$, $b=8$; erit $\sqrt{(a:b)}=2$. Sit porro $v=5$, erit $y=10$, conſequenter $x=\frac{25}{8}$.

PROBLEMA 99.

238. *Invenire duos numeros ejus conditionis, ut, ſi unus quadrato alterius addatur, ſumma ſit latus quadrati aggregato numerorum æquale.*

Sit numerus unus $=x$, alter $=y$; erit

$$x^2+y=V(x+y)$$
$$x^4+2yx^2+y^2=x+y$$
$$2x^2y-y+y^2=x-x^4$$
h. e. $yy+(2x^2-1)y=x-x^4$
$$(x^2-\tfrac{1}{2})^2 \qquad x^4-x^2+\tfrac{1}{4}$$
$$y^2+(2x^2-1)y+(x^2-\tfrac{1}{2})^2=x-x^2+\tfrac{1}{4}$$
$$y+x^2-\tfrac{1}{2}=V(x+\tfrac{1}{4}-x^2)$$
$$y=V(x+\tfrac{1}{4}-x^2)+\tfrac{1}{2}-x^2$$

Quodſi numerus rationalis deſideratur; $\frac{1}{4}+x-x^2$ numerus quadratus eſſe debet. Sit itaque hujus latus ob rationes in ſchol. probl. 92 (§. 231) allatas $=zx-\frac{1}{2}$; erit

$$z^2x^2-zx+\tfrac{1}{4}=\tfrac{1}{4}+x-x^2$$
$$z^2x^2-zx=x-x^2$$
$$\overline{\qquad\qquad} x$$
$$z^2x-z=1-x$$
$$z^2x+x=1+z$$
$$\overline{\qquad\qquad} x^2+1$$
$$x=(1+z):(z^2+1)$$

Sit $z=2$, erit $x=(1+2):(4+1)=\frac{3}{5}$, conſequenter $y=\frac{1}{2}-\frac{9}{25}+V(\frac{3}{5}+\frac{1}{4}-\frac{9}{25})=\frac{25-18}{50}+V\frac{60+25-36}{100}$

$$=\tfrac{7}{50}+V(49:100)=\tfrac{7}{50}+\tfrac{7}{10}=\tfrac{7+35}{50}$$
$$=\tfrac{42}{50}=\tfrac{21}{25}.$$

PROBLEMA 100.

239. *Invenire duos numeros quadratos ejus conditionis, ut, ſi unus addatur facto eorundem, aggregatum utrumque ſit numerus quadratus.*

Sit numerus quadratus unus $=x^2$, alter $=y^2$, erit factum $=x^2y^2$. Quare $x^2y^2+x^2$ & $x^2y^2+y^2$ ſunt numeri quadrati; conſequenter & y^2+1 & x^2+1 ſunt numeri quadrati: numerus enim quadratus efficit quadratum, ſi in quadratum ducitur. Sit latus quadrati primi $z-y$; ſecundi $t-x$: erit

$$y^2+1=z^2-2zy+y^2 \qquad x^2+1=t^2-2tx+x^2$$
$$1=z^2-2zy \qquad 1=t^2-2tx$$
$$2zy=z^2-1 \qquad 2tx=t^2-1$$
$$y=(z^2-1):2z \qquad x=(t^2-1):2t$$

Sit $z=2$, $t=3$; erit $y=(4-1):4=\frac{3}{4}$ & $x=(9-1):6=\frac{8}{6}=\frac{4}{3}$. Sit $z=3$, $t=4$; erit $y=(9-1):6=\frac{8}{6}=\frac{4}{3}$ & $x=(16-1):8=\frac{15}{8}$.

PROBLEMA 101.

240. *Invenire duos numeros quadratos ejus conditionis, ut ſumma addita facto efficiat quadratum.*

Sit quadratus numerus unus $=x^2$, alter $=y^2$: erit $x^2y^2+x^2+y^2$ numerus quadratus. Quoniam vero

vero $x^2y^2+x^2=x^2(y^2+1)$: fiat primum y^2+1 æquale quadrato, cujus latus $t-y$, ut ablato ex utroque æquationis membro y^2 perveniatur ad unam ipſius y dimenſionem, cum valor rationalis deſideretur, nempe

$$t^2-2ty+y^2=y^2+1$$

$$t^2-2ty=1$$

$$t^2-1=2ty$$

$$(t^2-1):2t=y$$

Ponatur porro $\sqrt{(y^2+1)}=t-y=t-(t^2+1):2t=(t^2+1):2t=v$; erit $x^2y^2+x^2+y^2=v^2x^2+y^2$. Atque adeo problema præſens reductum eſt ad caſum ſimilem præcedentis. Sit ergo quadrati, cui $v^2x^2+y^2$ æquale eſſe debet, latus $=z-vx$, erit

$$v^2x^2+y^2=z^2-2zvx+v^2x^2$$

$$y^2=z^2-2zvx$$

$$2zvx=z^2-y^2$$

$$x=(z^2-y^2):2zv$$

Hic valores z & t pro lubitu determinari poſſunt.

Sit e. gr. $z=2$, $t=3$; erit $y=(9-1):6=8:6=\frac{4}{3}$ & hinc $v=t-y=3-\frac{4}{3}=\frac{9-4}{3}=\frac{5}{3}$, conſequenter $x=(4-\frac{16}{9}):\frac{4.5}{3}=\frac{(36-16)}{9}:\frac{20}{3}=\frac{20}{9}:\frac{20}{3}=\frac{3}{9}=\frac{1}{3}$.

PROBLEMA 102.

241. *Invenire duos numeros ejus conditionis, ut, ſi factum addatur aggregato quadratorum, numerus quadratus prodeat.*

Sit ſumma numerorum quæſitorum $=2x$, differentia $=2y$, erit major $x+y$, minor $x-y$ (§. 5). Sit latus quadrati ipſi $3x^2+y^2$ æqualis $=t+y$: erit per conditionem problematis

$$x^2+2xy+y^2$$
$$x^2-2xy+y^2$$
$$x^2\quad-y^2$$

$$3x^2+y^2=t^2+2ty+y^2.$$

$$3x^2=t^2+2ty$$

$$3x^2-t^2=2ty$$

$$(3x^2-t^2):2t=y$$

Sit $x=4$, $t=6$, erit $y=(48-36):12=12:12=1$, conſequenter $x+y=4+1=5$, $x-y=4-1=3$.

PROBLEMA 103.

242. *Invenire duos numeros quadratos, quorum ſumma eſt numerus quadratus.*

Sint numeri quadrati quæſiti x^2 & y^2

& y^2; latus quadrati, cui iſti junctim ſumti æquantur $vx-y$: erit

$$x^2+y^2=v^2x^2-2vxy+y^2$$

$$x^2=v^2x^2-2vxy$$

$$x=v^2x-2vy$$

$$2vy=v^2x-x$$

$$2vy:(v^2-1)=x$$

Sit $v=2$, $y=3$; erit $x=12:(4-1)=12:3=4$.

PROBLEMA 104.

243. *Invenire duos numeros ejus conditionis, ut, ſi unus ducatur in cubum alterius, productum ſit numerus quadratus.*

Sint duo numeri x & y: erit per conditionem problematis xy^3, conſequenter etiam xy numerus quadratus. Habemus ergo

$$xy=z^2$$

$$x=z^2:y$$

Pro z itaque aſſumendum eſt quadratum per y diviſibile, ſi numeri integri deſiderentur.

Sit e. gr. $z=6$, $y=3$: erit $x=36:3=12$.

PROBLEMA 105.

244. *Invenire duos numeros ejus conditionis, ut, ſi factum quadratorum addatur facto ex cubo unius in alterum, ſumma ſit numerus quadratus.*

Sit numerus unus $=x$, alter $=y$, erit $xy^3+x^2y^2$, conſequenter & $xy+x^2$ numerus quadratus. Ponatur latus hujus quadrati $=yv-x$: erit

$$xy+x^2=y^2v^2-2xyv+x^2$$

$$xy=y^2v^2-2xyv$$

$$x=yv^2-2xv$$

$$2xv+x=yv^2$$

$$x=yv^2:(2v+1)$$

Sit e. gr. $y=6$, $v=1$: erit $x=6:3=2$. Sit $y=15$, $v=2$: erit $x=15.4:(4+1)=15.4:5=3.4=12$.

PROBLEMA 106.

245. *Invenire duos numeros, quorum unus ſubductus ex facto eorundem relinquat cubum.*

Sit numerus unus x, alter y: erit per conditionem problematis

$$xy-y=v^3$$

$$y=v^3:(x-1)$$

Aſſumendus ergo eſt cubus, qui ſit per $x-1$ diviſibilis.

E. gr. Sit $x=6$, $v=10$; erit $y=1000:5=200$. Sit $x=3$, $v=6$; erit $y=216:2=108$.

PRO-

Digitized by Google

PROBLEMA 107.

246. *Invenire duos numeros, quorum unus in quadratum alterius ductus cubum efficit.*

Sit numerus unus y, alter x; erit per conditionem problematis

$$yx^2 = z^3 x^3 : v^3 \quad (: x^2)$$

$$y = z^3 x : v^3$$

$$yv^3 = z^3 x \quad (: z^3)$$

$$yv^3 : z^3 = x$$

Si adeo numeri integri deſiderantur, aſſumendus eſt valor ipſius y per cubum aliquem z^3 diviſibilis, ſeu cubi multiplus.

Sit e.gr. $y = 16$, $v = 3$, $z = 2$; erit $x = 16.\,27 : 8 = 2.\,27 = 54$.

PROBLEMA 108.

247. *Numerum datum in duas partes dividere, ita ut earundem factum æquale ſit cubo radice ſua mulctato.*

Sit numerus datus $= a$, pars una $= x$; erit altera $= a - x$. Sit latus cubi, cui factum partium $ax - x^2$ æquatur, $yx - 1$: erit cubus $= y^3x^3 - 3y^2x^2 + 3yx - 1$, unde ſi ſubtrahatur $yx - 1$, relinquitur

$$y^3x^3 - 3y^2x^2 + 2yx = ax - x^2 \quad (: x)$$

$$y^3x^2 - 3y^2x + 2y = a - x$$

$$y^3x^2 - 3y^2x + x = a - 2y$$

Facile jam apparet, ſi valor ipſius x rationalis deſideretur, fieri debere $2y = a$: quo facto erit

$$\frac{a^3x^2}{8} - \frac{3a^2x}{4} + x = 0 \quad (\cdot 8)$$

$$a^3x^2 - 6a^2x + 8x = 0 \quad (: x)$$

$$a^3x - 6a^2 + 8 = 0$$

$$a^3x = 6a^2 - 8 \quad (: a^3)$$

$$x = (6a^2 - 8) : a^3$$

Apparet adeo, ſi numeri rationales deſiderentur, problema ex indeterminato fieri determinatum.

Sit $a = 6$, erit $x = (216 - 8) : 216 = 208 : 216 = \frac{26}{27}$ & $a - x = 6 - \frac{26}{27} = \frac{162 - 26}{27} = \frac{136}{27}$.

PROBLEMA 109.

248. *Invenire numerum perfectum, hoc eſt, omnibus ſuis partibus aliquotis æqualem.*

Sit numerus quæſitus $y^n x$, ut nempe in partes aliquotas ſeu fa-

ctores reſolvi poſſit: erunt partes ejus aliquotæ $1+y+y^2+y^3$ &c. donec exponens evadat$=n$, & $x+yx+y^2x+y^3x$ &c. donec exponens fiat$=n-1$. Quamobrem ex natura numeri perfecti

$$1+y+y^2+y^3 \text{ \&c. } +x+yx+y^2x+y^3x \text{ \&c.} = y^n x$$

$$1+y+y^2+y^3 \text{ \&c.} = y^n x - x - yx - y^2x - y^3x \text{ \&c.}$$

$$\frac{1+y+y^2+y^3 \text{ \&c.}}{y^n-1-y-y^2-y^3 \text{ \&c.}} = x$$

Jam ut x ſit numerus integer, nec in caſu ſpeciali, ſi y per numerum explicetur, numerus partium aliquotarum diverſus ſit a numero earundem in formula generali; neceſſe eſt ut $y^n-1-y-y^2-y^3$ &c. $=1$: quod cum non alio in caſu contingat, niſi cum $y=2$ (§. 121), erit $x=1+2+2^2+2^3$&c.$=1+2+4+8$ &c. & numerus perfectus $2^n x$. Quoniam vero x eſt numerus primus, neceſſe eſt ut $1+2+2^2+2^3$&c. in omni caſu ſit numerus primus, conſequenter ſeries terminetur prope terminum, qui unitate mulctatus eſt numerus primus (*§. cit.*) & n notat numerum terminorum, qui iſtiusmodi terminum præcedunt. Quare problema, quod ſpeciem indeterminati mentiebatur, determinatum eſt.

Patet autem ſimul

Theorema 1. Si numerorum ſeries in ratione dupla ab unitate continue proportionalium continuetur, donec eorum ſumma ſit numerus primus; ſumma in maximum multiplicata faciet numerum perfectum.

Theorema 2. Si in numerorum ſerie in ratione dupla ab unitate continue proportionalium occurrat terminus, qui unitate mulctatus eſt numerus primus; numerus iſte primus in proxime præcedentem ductus efficit numerum perfectum.

In ſerie numerorum ab unitate in ratione dupla continue proportionalium

1. 2. 4. 8. 16. 32. 64. 128. 256. 512. 1024. 2048. 4096.

$4-1=3$, $8-1=7$, $32-1=31$, $128-1=127$, $512-1=511$, $2048-1=2047$ &c. ſunt numeri primi. Ergo $2.3=6$, $4.7=28$, $31.16=496$, $127.64=8128$, $511.256=130816$, $2047.1024=2096128$ &c, &c. ſunt numeri perfecti.

SCHOLION.

249. *Problemata indeterminata, qualia plurima ſolvit* Diophantus, *difficiliora ſunt determinatis, niſi ſimplicia*

Digitized by Google

tia fuerint. Unde tyrones ſub initium ea prætermittere poſſunt, quæ difficultatem creant, ad ſequentia pedem promoventes. Non tamen prorſus negligenda ſunt, cum maximus eorum ſæpe ſit uſus in problematibus Geometriæ ſublimioris ſolvendis. Ceterum ars reſolvendi problemata indeterminata numerica Analyſis Diophantea *appellari ſolet.*

CAP. III.

DE ALGEBRA AD GEOMETRIAM ELEMENTAREM APPLICATA.

PROBLEMA 110.

250. *Problema Geometricum algebraice reſolvere.*

RESOLUTIO.

1. Obſerventur ea omnia, quæ in probl. 36. (§. 141) fieri præcepimus.

2. Cum vero rariſſime ad æquationem eodem modo in problematis geometricis perveniatur, quo in numericis uſi ſumus; hic ulterius quædam peculiaria notanda ſunt. Nempe

α) Concipiatur jam factum, quod ad faciendum proponitur.

β) Omnium linearum in ſchemate depictarum relationes, nullo habito diſcrimine inter cognitas & incognitas, excutiantur, ut appareat, quomodo aliæ ab aliis dependeant, ſeu quibus datis, aliæ una dentur, ſive per triangula ſimilia (§. 175 *Geom.*), ſive per rectangula (§. 417 *Geom.*), ſive per alia (quod tamen raro fieri ſolet) theoremata.

γ) Ut igitur triangula ſimilia & rectangula obtineas, ſæpius producendæ ſunt lineæ, donec vel directe, vel indirecte datis fiant æquales, vel alias ſecent, ſæpius lineæ parallelæ atque perpendiculares ducendæ, ſæpius puncta quædam connectenda, ſæpius anguli datis æquales conſtruendi: quæ fieri poſſe, ex Geometria elementari mani-

Digitized by Google

manifeſtum eſt. Eum in finem probe tenenda ſunt theoremata de æqualitate angulorum & ſimilitudine triangulorum (§. 156. 183. 201. 207. 233. 267. 268. 269. 329 *Geom.*).

3) Quodſi in æquationem non ſatis concinnam incideris; alio adhuc modo excutiendæ ſunt linearum relationes, ac interdum ſufficit, non directe quærere eam, quæ quæritur, ſed aliam, qua data ipſaquoque innoteſcit.

4. Reductione æquationis facta ex ultima, quæ prodit, elicienda eſt conſtructio geometrica variis quidem modis pro diverſitate æquationum.

SCHOLION.

251. *Quoniam nunc tantum ſimpliciſſimos regulæ Algebræ caſus exemplis geometricis illuſtramus; ſuffecerit nobis oſtendiſſe, quomodo æquationes ſimplices & quadraticæ conſtruantur.*

PROBLEMA III.

252. *Æquationem ſimplicem conſtruere.*

RESOLUTIO.

Omne artificium in eo conſiſtit, ut fractiones, quibus quantitas incognita æqualis, in terminos proportionales reſolvantur: id quod exemplis rectius oſtenditur, quam multis regulis docetur.

1. Sit nempe $x = \frac{ab}{c}$; erit $c : a = b : x$ (§. 302 *Arithm.*). Reperietur adeo x (§. 271 *Geom.*)

2. Sit $x = \frac{abc}{dc}$, fiat $d : a = b : \frac{ab}{d}$. Hæc quarta proportionalis inventa (§. 271 *Geom.*) dicatur g; erit $x = \frac{gc}{e}$: quæ adeo ut in caſu primo invenitur.

3. Sit $x = \frac{aa - bb}{c}$. Quoniam $aa - bb = (a + b)(a - b)$, (§. 86); erit $c : a + b = a - b : x$ (§. 302 *Arithm.*).

4. Sit $x = \frac{a^2 b - bcc}{ad}$. Invenitur *per caſum* 1. $g = \frac{ab}{d} = \frac{a^2 b}{ad}$ & $h = \frac{bc}{d}$, ut ſit $\frac{bcc}{ad} = \frac{hc}{a}$; denique *per caſum* 1. $i = \frac{hc}{a}$; erit $x = g - i$, differentia nempe linearum g & i.

5. Sit $x = \frac{ab}{c} + \frac{adc}{be}$. Inveniatur ut in caſu præcedente $g = \frac{ab}{c}$ & $f =$

adc

$\frac{adc}{be}$: erit $x = g + f$, ſumma linearum g & f.

6. Sit $x = \frac{a^2 b + bad}{af + cg} = \frac{ab + bd}{f + cg : a} = \frac{(a+d)b}{f + cg : a}$ Quæratur $\frac{cg}{a}$ & fiat $f + \frac{cg}{a} = h$; erit $f + h : a + d = b : x$, conſequenter $x = \frac{(a+d)b}{f+h}$. Reductus adeo eſt caſus præſens ad primum.

7. Sit $x = \frac{a^2 b - bad}{af + bc}$. Quæratur $\frac{af}{b}$ & fiat $\frac{af}{b} = h$, erit $x = \frac{a(a-d)}{h+c}$, conſequenter $h + c : a - d = a : x$.

8. Sit $x = (a^2 + b^2) : c$ Conſtruatur triangulum ABC, cujus crus AB $= a$, Tab. I. Fig. 3. BC $= b$, (§. 180 *Geom.*); erit AC $= \sqrt{(a^2 + b^2)}$, (§. 417 *Geom.*). Dicatur AC $= m$, erit $a^2 + b^2 = m^2$, adeoque $x = \frac{m^2}{c}$, conſequenter $c : m = m : x$.

Tab. I. Fig. 4. 9. Sit $x = \frac{a^2 - b^2}{c}$. Super AB $= a$ deſcribatur ſemicirculus & in eo applicetur AC $= b$. Cum triangulum ACB ſit rectangulum (§. 317 *Geom.*); erit CB $= \sqrt{(a^2 - b^2)}$, (§. 417 *Geom.*). Dicatur CB $= m$: erit $x = m^2 : c$, conſequenter $c : m = m : x$

10. Sit $x = \frac{a^2 b + bcd}{af + bc} = \frac{a^2 + cd}{c + af : b}$. Inferatur $b : a = f : \frac{fa}{b}$ & fiat $\frac{fa}{b} = h$: Tab. I. Fig. 5. erit $x = \frac{a^2 + cd}{h + c}$. Quæratur inter AC $= c$ & CB $= d$ media proportionalis CD $= \sqrt{cd}$, (§. 327 *Geom.*). Fiat CE $= a$; erit DE $= \sqrt{(a^2 - cd)}$. Dicatur hæc m: erit $x = \frac{m^2}{h+c}$, conſequenter $h + c : m = m : x$.

PROBLEMA 112.

253. *Æquationem quadraticam geometrice conſtruere.*

RESOLUTIO.

Cum æquationes quadraticæ ad ſimplices reduci poſſint (§. 143); ipſas quoque *per probl.* præced. (§. 253) conſtruere licet.

Sit enim æquatio pura $x^2 = ab$; erit $a : x = x : b$, (§. 299 *Arithm.*). Invenitur adeo $x = \sqrt{ab}$, ſi inter AC $= a$ & BC $= b$ quæratur media proportionalis DC (§. 327 *Geom.*). Tab. I. Fig. 5. Si æquatio affecta $x^2 . ax = . b^2$; erit $x = \frac{1}{2} a . \sqrt{(\frac{1}{4} a^2 . b^2)}$, hoc eſt, vel $x = \frac{1}{2} a + \sqrt{(\frac{1}{4} a^2 + b^2)}$, vel $x = \sqrt{(\frac{1}{4} a^2 + b^2)} - \frac{1}{2} a$, vel $x = \frac{1}{2} a + (\sqrt{\frac{1}{4} a^2 - b^2})$, vel $x = \frac{1}{2} a - \sqrt{(\frac{1}{4} a^2 - b^2)}$. Omne igitur artificium conſtruendi has æquationes huc redit, ut inveniatur valor ipſius $\sqrt{(\frac{1}{4} a^2 + b^2)}$,

 itemque

Tab. I. Fig. 3. itemque ipſius $V(\frac{1}{4}a^2-b^2)$. Utrumque vero jam docuimus in problemate præcedente. Nimirum ſi in triangulo rectangulo fiat $AB=\frac{1}{2}a$ & $BC=b$; erit $AC=V(\frac{1}{4}a^2+b^2)$ (§. 417 *Geom.*). Sed

Fig. 4. ſi ſuper $AB=\frac{1}{2}a$, deſcribatur ſemicirculus & in eo applicetur $AC=b$; erit $CB=V(\frac{1}{4}a^2-b^2)$ ut in problemate præcedente demonſtratum.

SCHOLION.

254. *Quamvis omnes æquationes ſimplices & quadraticæ eum in modum conſtrui poſſint, quo eas conſtruere docuimus: minime tamen conſultum eſt, ut iis ſtricte inhæreamus. Hac enim ratione in conſtructiones parum commodas ſæpe incideremus, cum ſingulares problematis ſpecialis circumſtantiæ multo concinniorem meditanti inſinuent. Immo in genere notandum eſt, ex calculo analytico difficillime erui conſtructiones concinnas, cum tamen in iis unice ingenium ſpectetur, ſolutione arithmetica ad praxin ſufficiente. Ratio hæc eſt, quod in algebraica ſolutione problema tanquam unicum in rerum poſſibilium regione conſideretur, independens ab omnibus reliquis, cum tamen ex veterum methodo appareat & ipſa ratio ſuadeat, ſolutionem unius a ſolutione alterius pendere.*

PROBLEMA 113.

Tab. I. Fig. 3. 255. *Data perimetro* $AB+BC+CA$ *& area trianguli rectanguli, invenire hypothenuſam.*

Sit $AB+BC+CA=a$ $AC=x$ area $=b^2$ erit $BC+BA=a-x$

Jam cum ſit $AC^2=AB^2+BC^2$ (§. 417 *Geom.*) & $AB^2+BC^2=(AB+BC)^2-2AB.BC$ (§. 261 *Arithm.*): erit $AC^2=(AB+BC)^2-2AB.BC$ (§. 91 *Arithm.*). Eſt vero $AC^2=x^2$ & $(AB+BC)^2=a^2-2ax+x^2$, $2AB.BC=4b^2$ (§. 392 *Geom.*). Quare

$$x^2=a^2-2ax+x^2-4b^2$$

$$2ax=a^2-4b^2$$

$$x=\tfrac{1}{2}a-2b^2:a$$

Quodſi triangulum conſtrui debet, dicatur altitudo BD, hoc eſt perpendiculum in hypothenuſam AC demiſſum (§. 227 *Geom.*), y; erit (§. 392 *Geom.*)

$$\tfrac{1}{2}xy=b^2$$

$$y=b^2:\tfrac{1}{2}x$$

Conſtructio. Erigatur ad $BD=a$ perpendicularis $AB=2b$, fiatque $BG=b$ & quæratur (§. 271 *Geom.*) quarta proportionalis $BH=2b^2:a$. Fiat $CB=\frac{1}{2}a$ & $CI=BH$, erit $BI=\frac{1}{2}a-2b^2:a=x$. Dividatur BI bifariam in O, quæraturque ad $BO=\frac{1}{2}x$, & $BE=BG=b$ tertia proportionalis BK, quæ erit altitudo trianguli quæſita $=b^2:\frac{1}{2}x$. Quare ſi ſuper BI deſcribatur ſemicirculus & ex Tab. XII. Fig. 113.

Digitized by Google

& ex K agatur eidem parallela KL ſecans ſemicirculum in L; ductis rectis BL & LI erit BLI triangulum quæſitum.

Æquatio ſecunda in hanc reſolvitur analogiam:

$$2a : a + 2b = a - 2b : x$$

ſeu $a : \frac{1}{2}a + b = \frac{1}{2}a - b : x$ (*§. 185 Arithm.*). Habetur adeo

Theorema. In omni triangulo rectangulo eſt ut perimeter ad compoſitam ex dimidia perimetro & quadrati latere, quod triangulo æquale, ita differentia hujus lateris a perimetro dimidia ad hypothenuſam.

SCHOLION.

256. *Cum areas figurarum in Geometria metiamur inveſtigando earum rationem ad quadratum aliquod datum* (§. 118 Geom.); *ideo quoque tum in Geometria, tum in Algebra dantur per latus quadrati ipſis æquale.*

PROBLEMA 114.

Tab. I. Fig. 3. 257. *Data area trianguli rectanguli, cujus latera* AC, AB *&* BC *in proportione continua; invenire latera.*

Sit area $= a^2$ BC $= x$ AB $= y$ erit AC $= y^2 : x$

Ergo

(*§. 417 Geom.*) $y^4 : x^2 = x^2 + y^2$ (multipl. per x^2) (*§. 392 Geom.*) $\frac{1}{2}xy = a^2$

$$y^4 = x^4 + x^2y^2 = 16a^8 + 4a^4 \quad (\text{divid. per } y^4)$$

$$xy = 2a^2$$

$$x = 2a^2 : y$$

$$x^2 = 4a^4 : y^2$$

$$x^4 = 16a^8 : y^4$$

$$x^2y^2 = 4a^4$$

$$y^8 = 16a^8 + 4a^4y^4 \quad (\text{mult. per } y^4)$$

$$y^8 - 4a^4y^4 = 16a^8$$

$$4a^8 \quad 4a^8$$

$$y^8 - 4a^4y^4 + 4a^8 = 20a^8$$

$$y^4 - 2a^4 = 2a^4\sqrt{5}$$

$$2a^4 - y^4$$

$$y^4 = 2a^4 + 2a^4\sqrt{5} = a^4(2 + 2\sqrt{5})$$

$$y = a\sqrt[4]{(2 + 2\sqrt{5})}$$

Nempe quia $2a^4 < 2a^4\sqrt{5}$, radix $2a^4 - y^4$ eſt falſa.

Similiter reperitur valor ipſius x. Eſt enim, vi æquationis $xy = 2a^2$, $y = 2a^2 : x$, adeoque $y^4 = 16a^8 : x^4$ & hinc ob $y^4 = x^2y^2 + x^4$ porro

$$16a^8 : x^4 = 4a^4 + x^4$$

$$16a^8 = 4a^4x^4 + x^8$$

$$20a^8 = 4a^8 + 4a^4x^4 + x^8$$

$$2a^4\sqrt{5} = 2a^4 + x^4$$

$x^4 =$

$$x^4 = 2a^4\sqrt{5} - 2a^4$$

$$x = a\sqrt[4]{(2\sqrt{5} - 2)}$$

Tab. XII. Fig. 14. *Constructio.* Jungantur AB $= a$ & AC $= 2a$ ad angulos rectos, erit BC $= a\sqrt{5}$. Fiat BD $=$ AB, erit DC $= a\sqrt{5} - a$. Fiat porro CE $=$ CD, & ducta per C recta NL ad AK perpendiculari deſcribatur ſuper AE ſemicirculus; erit CN $= \sqrt{(2a^2\sqrt{5} - 2a^2)} = a\sqrt{(2\sqrt{5} - 2)}$. Factis CH $= a$ & CG $=$ CN, deſcriptoque ſemicirculo ſuper HG; erit CI $= \sqrt{(a^2 \sqrt{(2\sqrt{5} - 2)})} = a\sqrt{\sqrt{(2\sqrt{5} - 2)}} = a\sqrt[4]{(2\sqrt{5} - 2)}$.

Similiter fiat CK $=$ CB $+$ CH $= a + a\sqrt{5}$; erit deſcripto ſuper AK ſemicirculo CL $= \sqrt{(2a^2 + 2a^2\sqrt{5})} = a\sqrt{(2 + 2\sqrt{5})}$. Fiat porro CO $=$ CL, erit deſcripto ſuper HO ſemicirculo

CM $= \sqrt{(a^2\sqrt{(2 + 2\sqrt{5})})} = a\sqrt[4]{(2 + 2\sqrt{5})}$.

Quodſi itaque tandem fiat CF $=$ CI; ducta FM erit CMF triangulum quæſitum.

Quodſi exponens rationis $= y$, BC $= x$, erit AB $= xy$, AC $= y^2$, adeoque (§. 417 *Geom.*):

$$x^2y^4 = x^2y^2 + x^2 \quad [:x^2]$$

$$y^4 = y^2 + 1$$

$$y^4 - y^2 = 1 \quad [+\tfrac{1}{4}, +\tfrac{1}{4}]$$

$$y^4 - y^2 + \tfrac{1}{4} = \tfrac{5}{4}$$

$$y^2 - \tfrac{1}{2} = \sqrt{\tfrac{5}{4}}$$

$$\tfrac{1}{2} - y^2$$

$$y^2 = \tfrac{1}{2} + \sqrt{\tfrac{5}{4}}$$

$$y = \sqrt{(\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}\sqrt{5})}$$

Patet adeo rationem laterum eſſe conſtantem.

PROBLEMA 115.

258. *Datam rectam* AB *media & extrema ratione ſecare in* C, *hoc eſt, ut ſit* AB : AC $=$ AC : CB. Tab. I. Fig. 6.

Sit AB $= a$, AC $= x$; erit CB $= a - x$, conſequenter per conditionem problematis

$$a : x = x : a - x$$

$$x^2 = a^2 - ax \quad (\text{§. 297 } Arith.).$$

$$x^2 + ax = a^2$$

$$x^2 + ax + \tfrac{1}{4}a^2 = \tfrac{5}{4}a^2$$

$$x + \tfrac{1}{2}a = \sqrt{\tfrac{5}{4}a^2}$$

$$x = \sqrt{\tfrac{5}{4}a^2} - \tfrac{1}{2}a$$

Constructio. 1. Jungantur AB $= a$ & BD $= \tfrac{1}{2}a$ ad angulos rectos; erit AD $= \sqrt{\tfrac{5}{4}}$

$=\sqrt{\frac{5}{4}a^2}$. 2. Fiat DF $=\frac{1}{2}a$ & AF $=$ AC; erit AC $= x$.

Tab. I. Fig. 7. Alia ex æquatione tertia elicitur conſtructio. Nimirum radio AC $=\frac{1}{2}a$ deſcribatur circulus & in A erigatur perpendicularis $= a$. Si enim porro ducatur BD per centrum C; erit ED $= a$ & BE $= x$. Quare ſi fiat BF $=$ BE: recta AB erit in F media & extrema ratione ſecta. Etenim BD $= a + x$, adeoque BE.BD $= ax + x^2$, conſequenter $ax + x^2 = a^2$ (§. 379 *Geom.*).

PROBLEMA 116.

Tab. I. Fig. 8. 259. *Rectam datam* AC *utcunque diviſam in* B *iterum ſecare in* D, *ita ut ſit* AD : DC = DC : BD.

Sit AB $= a$ BD $= x$
BC $= b$ erit DC $= b - x$
AD $= a + x$

Quare per conditionem problematis

$$a + x : b - x = b - x : x$$

$$ax + x^2 = b^2 - 2bx + x^2$$

$$ax + 2bx = b^2$$

$$x = b^2 : (a + 2b)$$

Invenitur adeo x ob analogiam $a + 2b : b = b : x$ (§. 272 *Geom.*).

Aliter.

Analogia prima, ex qua æquatio elicitur, etiam per leges rationum ad eam reduci poteſt, a qua conſtructio pendet. Quoniam enim

$$a + x : b - x = b - x : x$$

erit $a + b : b - x = b : x$ (§. 190 *Arithm.*)

$a + b : b = b - x : x$ (§. 173 *Arithm.*)

$a + 2b : b = b : x$ (§. 190 *Arithm.*)

PROBLEMA 117.

260. *Datam rectam* AC *diviſam in* B *denuo ſecare in* D, *ita ut ſit* CB : DB = DA : AB. Tab. I. Fig. 8.

Sit CB $= a$ DB $= x$
BA $= b$ erit DA $= b + x$

Quare per conditionem problematis

$$a : x = b + x : b$$

$$ab = bx + x^2$$

$$\tfrac{1}{4}b^2 \quad \tfrac{1}{4}b^2 \qquad (§. 143).$$

$$\tfrac{1}{4}b^2 + ab = \tfrac{1}{4}b^2 + bx + x^2$$

$$\sqrt{(\tfrac{1}{4}b^2 + ab)} = \tfrac{1}{2}b + x$$

$$\sqrt{(\tfrac{1}{4}b^2 + ab)} - \tfrac{1}{2}b = x$$

Conſtructio. Inter EG $= b$ & GF $= a$ quæratur media proportionalis HG, quæ erit $= \sqrt{ab}$. Fiat GI $= \frac{1}{2}b$ & duca- Tab. I. Fig. 9.

ducatur HI: erit $HI = \sqrt{(\frac{1}{4}b^2 + ab)}$ Fiat denique $KI = GI$: erit $KH = \sqrt{(\frac{1}{4}b^2 + ab)} - \frac{1}{2}b$. Invenitur etiam $\sqrt{(\frac{1}{4}bb + ab)}$, ſi inter $\frac{1}{4}b + a$ & b quæratur media proportionalis (§. 327. 330 *Geom.*).

Tab. Item quia $\frac{1}{4}bb + ab$ eſt differentia
I. quadratorum $\frac{1}{4}bb + ab + a^2$ & a^2, ſu-
Fig. per $AB = \frac{1}{2}b + a$ deſcribatur ſemicir-
4. culus & in eo applicetur $AC = a$; erit $CB = \sqrt{(\frac{1}{4}bb + ab)}$, (§. 317. 417 *Geom.*).

DEFINITIO 19.

261. Si quatuor fuerint *lineæ* proportionales, extremæ mediis, mediæ extremis *reciprocæ* dicuntur.

PROBLEMA 118.

262. *Datam rectam* AB *ita ſeca-*
Tab. *re in* C, *ut partes* AC & CB
I. *ſint duabus datis* DE & FG *re-*
Fig. *ciprocæ.*
10.

Sit $AB = a$ $\quad AC = x$
$DE = b$ $\quad CB = a - x$
$FG = c$

Ergo (§. 261).

$$x : b = c : a - x$$

$$ax - x^2 = cb$$

$$-cb = x^2 - ax$$

$$\frac{1}{4}aa \quad \frac{1}{4}aa \quad (\S.143).$$

$$\frac{1}{4}aa - cb = \frac{1}{4}a^2 - ax + x^2$$

$$\sqrt{(\frac{1}{4}a^2 - cb)} = \frac{1}{2}a - x$$
$$= x - \frac{1}{2}a$$

$$x = \frac{1}{2}a \pm \sqrt{(\frac{1}{4}aa - cb)}$$

Conſtructio. Quæratur inter $HI =$ Tab.
b & $IK = c$ media proportionalis MI I.
$= \sqrt{cb}$ (§. 327 *Geom.*). Radio $IL =$ Fig.
$\frac{1}{2}a$ deſcribatur arcus & ducatur PM ipſi 11.
IK parallela (§. 258 *Geom.*), erit $NM = x$ & $MP = a - x$. Nam demiſſo ex centro L perpendiculo LO, erit $NO = OP$ (§. 291 *Geom.*) & $OL = MI = \sqrt{cb}$ (§. 226 *Geom.*). Sed $NL = LI$ (§. 40 *Geom.*) $= \frac{1}{2}a$. Ergo $NO = \sqrt{(\frac{1}{4}aa - cb)}$ (§. 417 *Geom.*), conſequenter ob $MO = IL$ (§. 238 *Geom.*) $= \frac{1}{2}a$, $MN = \frac{1}{2}a - \sqrt{(\frac{1}{4}aa - cb)} = x$ & $PM = \frac{1}{2}a + \sqrt{(\frac{1}{4}aa - cb)} = a - x$.

COROLLARIUM.

263. Conſtruere ergo æquationem quadraticam affectam $ax - x^2 = cb$ idem eſt, ac datis duabus rectis c & b, vel ſi $c = b$, eidem rectæ b reciprocas x & $a - x$ invenire.

PROBLEMA 119.

264. *Datis duabus rectis* DE & Tab.
FG *reciprocas invenire, quarum* I.
differentia ſit datæ rectæ AC *æ-* Fig.
qualis. 10.

Sit $DE = a$ Reciproca minor $= x$
$FG = b$ erit major $= c + x$
$AC = c$

Ergo

Ergo (§. 261)

$$x : a = b : c + x$$

$$ab = cx + x^2$$

$$\tfrac{1}{4}cc \qquad \tfrac{1}{4}cc$$

$$\tfrac{1}{4}cc + ab = \tfrac{1}{4}cc + cx + x^2$$

$$V(\tfrac{1}{4}cc + ab) = \tfrac{1}{2}c + x$$

$$V(\tfrac{1}{4}cc + ab) - \tfrac{1}{2}c = x$$

Tab. I. Fig. 5. *Conſtructio.* Quæratur inter AC $= b$ & CB $= a$ media proportionalis DC. Fiat CE $= \frac{1}{2}c$: erit DE $= V(\frac{1}{4}cc + ab)$. Unde ſi ſubtrahitur $\frac{1}{2}c =$ EF relinquitur DF $= x$.

Tab. I. Fig. 11. Alia magis ingenioſa ex æquatione $ab = cx + x^2$ eruitur. Deſcribatur nimirum ex centro C radio arbitrario, majori tamen quam c & $a - b$, circulus. In eo applicentur chordæ IQ $= c$ & IP $= a - b$. Prolongetur PI in O donec PO $= b$. Tandem radio CO deſcribatur circulus priori concentricus: erit HI $= x$. Demiſſa enim ex centro C perpendiculari CL; erit LI = LQ & LH = LM (§. 291 *Geom.*), adeoque QM = IH (§. 91 *Arithm.*). Eodem modo oſtenditur, eſſe NI = PO $= b$. Ergo NI. IO $= ab$, conſequenter $ab =$ QM. QH = HI. ($c +$ HI), (§. 381 *Geom*). Eſt vero etiam $ab = x\ (c + x)$. Ergo HI $= x$.

Sint omnia ut ante, & pars major $= x$, erit minor $x - c$ conſequenter (§. 261)

$$x : a = b : x - c$$

$$x^2 - cx = ab.$$

Conſtructio. Eadem eſt, quæ præcedens. Sed hic QH $= x$, ita enim HI = QM $= x - c$, conſequenter NI. NO $= ab$ & QH. QM $= x^2 - cx$.

COROLLARIUM.

265. Conſtruere ergo æquationes quadraticas $x^2 + cx = ab$ & $x^2 - cx = ab$ idem eſt ac datis duabus rectis a & b, vel, ſi $a = b$, eidem rectæ b reciprocas ibi x & $x + c$, hic x & $x - c$ reperire.

PROBLEMA 120.

266. *Datam rectam* AB *ita ſecare in* C *ut rectangulum ſub tota* AB *& ſegmento minore* AC *æquale ſit rectangulo ſub majore* CB *& differentia utriusque* CB − AC. Tab. I. Fig. 10.

Sit AB $= a$ AC $= x$

erit CB $= a - x$

CB − AC $= a - 2x$

Quare per conditionem problematis

$$ax = a^2 - 3ax + 2x^2$$

$$-a^2 = -4ax + 2x^2 \quad : 2$$

$$-\tfrac{1}{2}a^2 = x^2 - 2ax$$

$$a^2 \qquad a^2$$

$$\tfrac{1}{2}a^2 = x^2 - 2ax + a^2$$

$$V\tfrac{1}{2}a^2 = a - x$$

$$x + \sqrt{\tfrac{1}{2}a^2} = a$$

$$x = a - \sqrt{\tfrac{1}{2}a^2}$$

Conſtructio. Quæratur inter $\frac{1}{2}a$ & a media proportionalis, quæ erit pars major $a-x$, adeoque ſubducta ex a relinquit minorem x.

Aliter.

Quoniam per conditionem problematis.

$$ax = (a-x)(a-2x)$$

erit (§. 104). $a : a-2x = a-x : x$

$$2a-2x : a = a : a-x$$

2

$$a-x : \tfrac{1}{2}a = a : a-x$$

$$\tfrac{1}{2}a : a-x = a-x : a$$

SCHOLION.

267. *His reſolutionibus per analogias & reductionibus æquationum quadraticarum ad lineas reciprocas opus eſt, ſi geometricas more veterum mediteris demonſtrationes.*

PROBLEMA 121.

Tab. I. Fig. 13. n. 1. 268. *Dato radio circuli* ED, *invenire latus trigoni regularis ipſi inſcribendi* AB.

Ducatur latus hexagoni EB, & ſit BD = EB (§. 356 *Geom.*) = a, AB = x; erit BF = $\frac{1}{2}x$ (§. 291 *Geom.*).

Et quoniam anguli ad F recti (*per* §. *cit.*) BE = BD, *per demonſtr.* BF = BF: erit EF = FD (§. 235 *Geom.*) = $\frac{1}{2}a$. Quare (§. 417 *Geom.*) $BD^2 - DF^2 = FB^2$, hoc eſt

$$\tfrac{3}{4}aa = \tfrac{1}{4}x^2$$

$$3aa = x^2$$

$$\sqrt{3aa} = x^2$$

Eſt ergo x media proportionalis inter $3a$ & a. Et ſi fiat $a = 1$, erit $= x\sqrt{3}$.

Tab. I. Fig. 13. n. 2 *Conſtructio.* Concinnior hæc eſt: ſuper diametro AB conſtruatur triangulum æquilaterum AFB & centrum C cum puncto F connectatur recta CF; erit CF latus trigoni. Cum enim FCB ſit triangulum rectangulum (§. 184 *Geom.*) & FB = $2a$, CB = a; erit FC = $\sqrt{3aa}$ (§. 417 *Geom.*) = x.

Theorema. Quadratum lateris trigoni eſt ad quadratum radii ut 3 ad 1.

Aliter.

$$\tfrac{3}{4}aa = \tfrac{1}{4}x^2$$

$$\tfrac{3}{4}a : \tfrac{1}{4}x = x : a$$

$$3a : x = x : a$$

COROLLARIUM 1.

269. Si dato latere trigoni regularis b inveniri debet radius circuli circumſcribendi y; erit $3y^2 = b^2$, conſequenter $y = \sqrt{\frac{1}{3}b^2}$, quæ eſt media proportionalis inter $\frac{1}{3}b$ & b.

CO-

COROLLARIUM 2.

270. Quoniam dimidium latus trigoni regularis eſt ſinus 60° (§. 2. *Trigon.*), per problema præſens invenitur ſinus 60°.

SCHOLION.

271. *Hujus problematis ſolutio uſum potius reſpicit arithmeticum, quam geometricum. Geometrica enim conſtructio ex Elementis facilior & elegantior deducitur, quamvis eadem ex calculo etiam pateat. Eſt enim diameter AB* $=2a$. *Quare ſi fiat* $AD=a$, *ducaturque DB, cum angulus ad D rectus*
Tab. I. Fig. 13. n. 2. *ſit* (§. 317 Geom.), *adeoque* $AB^2 - AD^2 = DB^2$ (§. 417 Geom.); *erit* $DB = V 3a^2$

PROBLEMA 122.

Tab. I. Fig. 17. 272. *Dato radio circuli* AE *invenire latus octogoni regularis circulo inſcribendi.*

Sit $AE=r$, $AF=y$; erit latus quadrati $AB=V2r^2$ (§. 21. *Trig.*) & $AG = V\frac{1}{2}r^2$ (§. 291 *Geom.*). Porro cum $AEF = 45°$ (§. 342 *Geom.*), & angulus ad G rectus (§. 291 *Geom.*) erit quoque $EAG = 45°$ (§. 241 *Geom.*), conſequenter $EG = AG$ (§. 253 *Geom.*) $=V\frac{1}{2}r^2$. Hinc $FG = r - V\frac{1}{2}r^2$. Quare (§. 417 *Geom.*).

$$yy = \tfrac{1}{2}r^2 + 1\tfrac{1}{2}r^2 - rV2r^2$$

hoc eſt $yy = 2r^2 - r\,V2r^2$

$$y = V(2r^2 - r\,V2r^2)$$

Quod ſi fiat $r=1$; erit $y=V(2 - V2)$.

COROLLARIUM.

273. Cum dimidium latus octogoni ſit ſinus 20° 30′ (§. 2 *Trigon.*); per hoc ipſum problema invenitur ſinus 22° 30′.

PROBLEMA 123.

274. *Dato latere Octogoni AF invenire radium circuli circumſcribendi AE.* Tab. I. Fig. 17.

Sit $AF=b$, $AE=y$, erit (§. 272)

$$b^2 = 2y^2 - V2y^4$$

$$V2y^4 = 2y^2 - b^2$$

$$2y^4 = 4y^4 - 4b^2y^2 + b^4$$

$$0 = 2y^4 - 4b^2y^2 + b^4$$

$$0 = y^4 - 2b^2y^2 + \tfrac{1}{2}b^4$$

$\frac{1}{2}b^4$ $\qquad$ $\frac{1}{2}b^4$ (§. 261 *Arithm.*)

$$\tfrac{1}{2}b^4 = y^4 - 2b^2y^2 + b^4$$

$$bV\tfrac{1}{2}b^2 = y^2 - b^2$$

$$b^2 + bV\tfrac{1}{2}b^2 = y^2$$

$$V(b^2 + bV\tfrac{1}{2}b^2) = y$$

Eſt igitur $b : y = y : b + bV\frac{1}{2}b^2$
conſeq. $\frac{1}{2}b : y = y : 2b + 2bV\frac{1}{2}b^2$
Hinc elicitur ſequens geometrica.

Conſtructio. Super latere octogoni A
Tab. XII. Fig. 115. B $= b$ deſcribatur ſemicirculus & ex centro C erigatur perpendicularis indefinita CF, erit recta DB $= \sqrt{\frac{1}{2} b^2}$ (§. 417 *Geom.*). Fiat AE $= 2b + 2b\sqrt{\frac{1}{2} b^2}$, deſcriptoque ſemicirculo AFE; erit AF $= \sqrt{(b^2 + b\sqrt{\frac{1}{2} b^2})}$, (§. 327 *Geom.*), conſequenter radius circuli octogono circumſcribendi: quod adeo ſuper recta AB conſtruetur, ſi radio AF deſcribatur circulus tranſiens per A & B.

PROBLEMA 124.

Tab. I. Fig. 14. 275. *Dato radio circuli* AC, *invenire latus decagoni regularis inſcribendi* AB.

Quoniam AB eſt $\frac{1}{10}$ totius peripheriæ, angulus ACB $= 36°$ (§. 57. 59 *Geom.*), conſequenter ob AC $=$ BC (§. 40 *Geom.*), ABC $=$ CAB $= 72°$ (§. 248 *Geom.*), adeoque DAC $= 108$ (§. 149 *Geom.*). Fiat AD $=$ AC, erit ADC $=$ ACD $= 36°$ (§. 248 *Geom.*), conſequenter DCB $= 72°$. Sunt ergo triangula ABC & BDC æquiangula & hinc BD : BC $=$ BC : AB (§. 267 *Geom.*).

Sit jam AC $=$ BC $= a$, AB $= x$; erit BD $= a + x$, conſequenter *per demonſtrata.*

$$a + x : a = a : x$$

$$ax + x^2 = a^2$$

Eſt ergo a media & extrema ratione ſecanda, cujus pars major x (§. 258). Vel radio a quærendæ ſunt reciprocæ $a + x$ & x (§. 265).

Theorema. Latus decagoni regularis circulo inſcripti eſt pars major radii media & extrema ratione ſecti. Tab. I. Fig. 15.

Conſtructio. Quoniam $x = \sqrt{\frac{5}{4} a^2} - \frac{1}{2} a$ (§. 258); radio a deſcribatur circulus & in centro E erigatur perpendicularis IE $= a$. Fiat EF $= \frac{1}{2} a$: erit FI $= \sqrt{\frac{5}{4} a^2}$. Quare ſi ex F radio IF deſcribatur arcus KI; erit KE $= \sqrt{\frac{5}{4} a^2} - \frac{1}{2} a$.

SCHOLION.

276. *Hanc ipſam conſtructionem tradit* Ptolemæus *in ſuo Almageſto.*

COROLLARIUM.

277. Invenitur ergo per problema præſens ſinus 18° (§. 2. *Trigon.*).

PROBLEMA 125.

278. *Dato latere decagoni regularis circulo inſcribendi* AB, *invenire radium* AC. Tab. I. Fig. 14.

Sit AB $= a$, AC $= x$; erit BD $= a + x$ & *per demonſtrata in probl. præc.*

$$a + x : x = x : a$$

$$ax + a^2 = x^2$$

$$a^2 = x^2 - ax$$

$$\frac{5}{4} a^2 = x^2 - ax + \frac{1}{4} a^2$$

$$\sqrt{\frac{5}{4} a^2}$$

$V\frac{5}{4}a^2 = x - \frac{1}{2}a$, ob $x > \frac{1}{2}a$ (§. 275).

$\frac{1}{2}a + V\frac{5}{4}a^2 = x.$

Tab. I. Fig. 16. *Conſtructio.* Conſtruatur triangulum rectangulum MLN, in quo ML $= a$ & MN $= \frac{1}{2}a$: erit LN $= V\frac{5}{4}a^2$ (§. 417 *Geom.*). Producatur MN in O, donec NO $=$ LN: erit MO $= x$. Ex centro itaque O per M circulus deſcribi poteſt.

Aliter.

$a + x : x = x : a$

$a : x = x - a : a$

Quærendæ adeo ſunt ipſi a reciprocæ x & $x - a$.

PROBLEMA 126.

Tab. I. Fig. 17. 279. *Dato radio circuli* AE *&* *latere decagoni* AF *invenire latus pentagoni* AB.

Sit AE $= a$ AB $= x$
AF $= b$ AG $= \frac{1}{2}x$ (§. 291 *Geom.*)
GE $= V(a^2 - \frac{1}{4}x^2)$
FG $= a - V(a^2 - \frac{1}{4}x^2)$

Quare (§ 417 *Geom.*)

$b^2 = \frac{1}{4}x^2 + a^2 - 2aV(a^2 - \frac{1}{4}x^2) + a^2 - \frac{1}{4}x^2$

$b^2 = 2a^2 - 2aV(a^2 - \frac{1}{4}x^2)$

$2aV(a^2 - \frac{1}{4}x^2) = 4a^2 - b^2$

$4a^4 - a^2x^2 = 4a^4 - 4a^2b^2 + b^4$

$-a^2x^2 = -4a^2b^2 + b^4$

$4a^2b^2 - b^4 = a^2x^2$

$4b^2 - b^4 : a^2 = x^2$

Eſt vero $b = V\frac{5}{4}a^2 - \frac{1}{2}a$ (§. 285)
$b^2 = \frac{6}{4}a^2 - aV\frac{5}{4}a^2$
$b^4 = \frac{14}{4}a^4 - 3a^3V\frac{5}{4}a^2$

Ergo $x^2 = \frac{24}{4}a^2 - 4aV\frac{5}{4}a^2 - (\frac{14}{4}a^4 + 3a^3V\frac{5}{4}a^2) : a^2 = \frac{24}{4}a^2 - 4aV\frac{5}{4}a^2 - \frac{14}{4}a^2 + 3aV\frac{5}{4}a^2 = \frac{10}{4}a^2 - aV\frac{5}{4}a^2 = a^2 + \frac{6}{4}a^2 - aV\frac{5}{4}a^2 = a^2 + b^2.$

Tab. I. Fig. 15. *Conſtructio*: Quæratur latus decagoni EK (§. 275), erit KI latus pentagoni.

Theorema. Latus pentagoni regularis poteſt latera hexagoni & decagoni eidem circulo inſcriptorum ſimul.

SCHOLION.

280. *Eandem prorſus conſtructionem dedit* Ptolemæus.

COROLLARIUM.

281. Per præſens adeo problema inveniri poteſt ſinus 36° (§. 2. *Trigon.*).

PROBLEMA 127.

Tab. I. Fig. 5. 282. *Datis ſumma crurum trianguli rectanguli* AB + BC *una cum perpendiculo* BD *ex angulo recto* B *in hypothenuſam* AC *demiſſo, invenire latera.*

Sit AB + BC $= a$, BD $= b$, AB $-$ BC $= y$, AC $= x$, erit AB $= \frac{1}{2}(a + y)$, BC $= \frac{1}{2}(a - y)$ conſequenter (§. 417

Digitized by Google

(§. 417 *Geom.*)

$$x^2 = \tfrac{1}{2}(aa + yy)$$

$$2x^2 = aa + yy$$

$$2x^2 - a^2 = y^2$$

(§.330 *Geom.*)

$$BA : BD = AC : BC$$

$$\tfrac{1}{2}(a+y) : b = x : \tfrac{1}{2}(a-y)$$

$$\tfrac{1}{4}(a^2 - y^2) = bx$$

$$a^2 - y^2 = 4bx$$

$$a^2 - 4bx = y^2$$

Quare (§. 87 *Arithm.*)

$$2x^2 - a^2 = a^2 - 4bx$$

$$2x^2 + 4bx = 2a^2$$

$$x^2 + 2bx = a^2$$

$$x^2 + 2bx + b^2 = a^2 + b^2$$

$$x = V(a^2 + b^2) - b$$

Conſtructio nihil difficultatis habet. Quodſi enim triangulum conſtrui debet, ad AB $= a$ excitetur in C perpendicularis
Tab. AC $= b$ (§.249 *Geom.*), erit BC $= V$
XII. $(a^2 + b^2)$. Quare ſi fiat CD $=$ AC,
Fig. erit DB $= V\,(a^2 + b^2) - b$. Fiat jam
116. porro BE $=$ BD & deſcripto ſuper EB ſemicirculo ex C ducatur CH ipſi AB parallela (§.258 *Geom.*) ſecans ſemicirculum in F. Ductis enim rectis EF & FB, erit EFB triangulum quæſitum.

PROBLEMA 128.

Tab. I. Fig. 18. 283. *Datis pro triangulo rectangulo* BAC *hypothenuſa* BC *& differentia crurum* DC, *invenire crura.*

Sit BC $= c$, DC $= f$, $\tfrac{1}{2}$(AB + AC) $= x$; erit AC $= x + \tfrac{1}{2}f$, AB $= x - \tfrac{1}{2}f$ (§. 5), conſequenter (§. 417 *Geom.*).

$$2x^2 + \tfrac{1}{2}f^2 = c^2$$

$$2x^2 = c^2 - \tfrac{1}{2}f^2$$

$$x^2 = \tfrac{1}{2}c^2 - \tfrac{1}{4}f^2$$

$$x = V(\tfrac{1}{2}c^2 - \tfrac{1}{4}f^2)$$

Conſtructio. Conſtruatur rectangulum triangulum AFE, in quo AF $=$ FE $= \tfrac{1}{2}c$, erit AE $= V\tfrac{1}{2}cc$. Super AE deſcribatur ſemicirculus ob AF $=$ FE tranſiturus per F & in eo applicetur EG $= \tfrac{1}{2}b$; erit AG $= x$, conſequenter ſi fiat DG $=$ GC $=$ GE, crus majus AC, minus AB $=$ AD.

PROBLEMA 129.

284. *In dato circulo aptare rectam datam* KL, *quæ producta tranſeat per datum punctum* H *tangentis* HI. Tab. I. Fig. 19.

Sit LK $= m$, HI $= n$, LH $= y$; erit (§. 379 *Geom.*).

$$y^2 + my = n^2$$
$$\tfrac{1}{4}m^2 \quad \tfrac{1}{4}m^2$$

$$y^2 + my + \tfrac{1}{4}m^2 = \tfrac{1}{4}m^2 + n^2$$

$y + \tfrac{1}{2}$

$$y+\tfrac{1}{2}m=\sqrt{(\tfrac{1}{4}m^2+n^2)}$$

$$y=\sqrt{(\tfrac{1}{4}m^2+n^2)}-\tfrac{1}{2}m$$

Conſtructio. In puncto tangentis I erigatur perpendicularis $MI=\frac{1}{2}m$; erit $HM=\sqrt{(\frac{1}{4}m^2+n^2)}$. Fiat $NM=MI=\frac{1}{2}m$; erit $HN=x$. Quare ſi ex centro H radio HN deſcribatur arcus LN; erit L punctum, per quod recta HK ducenda, ut LK ſit chorda in circulo aptanda.

PROBLEMA 130.

285. *Datis duobus quadratis invenire duo alia reciproca, quorum ſumma æquatur quadrato dato.*

Sint quadrata data bb, cc, dd, quæſita yy & $dd-yy$. Erit per conditionem problematis

$$yy:bb=cc:dd-yy$$

$$ddy^2-y^4=bbcc$$

$$y^4-ddy^2+\tfrac{1}{4}d^4=\tfrac{1}{4}d^4-bbcc$$

$$\tfrac{1}{2}dd-y^2=\sqrt{(\tfrac{1}{4}d^4-bbcc)}$$

$$y^2=\tfrac{1}{2}dd-\sqrt{(\tfrac{1}{4}d^4-bbcc)}$$

$$y=\sqrt{(\tfrac{1}{2}dd-\sqrt{(\tfrac{1}{4}d^4-bbcc)})}$$

Conſtructio. Quæratur ad $AB=d$, Tab. I. Fig. 20. $AC=b$ & $BD=c$ quarta proportionalis $CE=bc:d$. Deſcribatur ſemicirculus ſuper $CF=\frac{1}{2}d$ & in eo applicetur $CG=CE$; erit $FG=\sqrt{(\frac{1}{4}d^4-bbcc)}:d$. Fiat $HC=d$ & $CI=\frac{1}{2}d-\sqrt{(\frac{1}{4}d^4-bbcc)}:d$; erit media proportionalis $CK=y$. Denique ſuper $CH=d$ deſcribatur ſemicirculus & in eo applicetur $CL=CK$, erit $LH=\sqrt{(d^2-y^2)}$ latus alterius quadrati quæſiti.

PROBLEMA 131.

286. *Datis duobus quadratis invenire duo alia reciproca, quorum differentia æquatur quadrato dato.*

Sint quadrata data ff, gg, hh, quæſita yy & $hh+yy$. Erit per conditionem problematis

$$yy:ff=gg:hh+yy$$

$$y^4+hhyy=ffgg$$
$$\tfrac{1}{4}h^4 \quad \tfrac{1}{4}h^4$$

$$y^4+hhyy+\tfrac{1}{4}h^4=ffgg+\tfrac{1}{4}h^4$$

$$y^2+\tfrac{1}{2}hh=\sqrt{(ffgg+\tfrac{1}{4}h^4)}$$

$$y^2=-\tfrac{1}{2}hh+\sqrt{(ffgg+\tfrac{1}{4}h^4)}$$

$$y=\sqrt{(-\tfrac{1}{2}hh+\sqrt{(ffgg+\tfrac{1}{4}h^4)})}$$

Conſtructio. Eadem fere, quæ problematis præcedentis.

PROBLEMA 132.

287. *Datis tribus lateribus trianguli cujuscunque* HL, LI *&* IH, *invenire altitudinem* ML. Tab. II. Fig. 21. n. 1.

Digitized by Google

Sit HL $= c$, LI$=d$, HI$=g$, HM$=z$, erit MI$=g-z$. Quare (§. 417 *Geom.*) bis invento valore ipſius ML²

$$cc-zz=dd-gg+2gz-zz$$

$$cc=dd-gg+2gz$$

$$cc-dd=2gz-gg$$

$$cc+gg-dd=2gz$$

$$\frac{cc+gg-dd}{2g}=z$$

Geometrica conſtructio non deſideratur, utpote ex elementis manifeſta; ſed tantum regula arithmetica.

COROLLARIUM.

288. Vi æquationis tertiæ $dd-cc=gg-2gz$. Sed $gg-2zg$ eſt differentia inter zz & $gg-2zg+zz$. Ergo in omni triangulo differentia quadratorum crurum HL & LI æquatur differentiæ quadratorum ſegmentorum baſis HM & MI.

PROBLEMA 133.

Tab. II. Fig. 21. n. 1. & 2. 289. *Triangulo dato* HLI *æquale & alteri dato* NOP *ſimile conſtruere.*

Sit HI$=f$, LM$=e$, NP$=m$, QO$=n$, baſis trianguli quæſiti $=y$, altitudo$=z$: erit

(§. 396 *Geom.*) $m:n=y:z$

$$mz=ny$$

(§. 392 *Geom.*) $fe=zy$ | y

$$fe:y=z$$ | m

$$mfe:y=mz$$

$$ny=mfe:y$$ | y

$$ny^2=mfe$$ | n

$$y^2=mfe:n$$

$$y=\sqrt{(mfe:n)}$$

Conſtructio. Producatur altitudo OQ trianguli NQP in M, donec altitudini alterius LM æqualis fiat. Producantur itidem crura trianguli in R & S, & per M agatur ipſi NP parallela: erit RS$=me:n$. Quæratur inter RS & SI$=f$ media proportionalis TS$=\sqrt{(mfe:n)}$, ſuper qua ob angulos N & P datos triangulum TSV conſtrui poteſt. (§. 264 *Geom.*).

Aliter.

$n:m=z:y$ $fe=zy$

Fiat $n:m=e:r$ $f:z=y:e$ (§. 299 *Arithm.*)

erit $z:y=e:r$ (§. 167 *Arithm.*)

Ergo $f:y=y:r$ (§. 194 *Arithm.*)

Eſt ergo y media proportionalis inter f & r, ſeu inter f & $em:n$, ut ante.

PROBLEMA 134.

290. *Ex angulo* C *rhombi dati* ABDC *ducere rectam* CG *lateri* AB Tab. II. Fig. 22.

AB *continuato occurrentem in* G, *ita ut* EG *ſit æqualis lineæ datæ*.

Ducatur Diagonalis CB & in E conſtituatur angulus CEF = CBG (*ſ*. 208 *Geom.*), cujus latus EF producatur, donec diagonali continuatæ in F occurrat.

Sit AB = b, CB = c, EG = d, BG = z, CF = y: erit BF = $y - c$. BG : GE = AB : EC (§. 268 *Geom.*) Unde reperitur EC = $bd:z$. Quoniam angulus CEF = CBG *per conſtruct.* erit ob angulum communem C (*ſ*. 267 *Geom.*) CB : BG = CE : EF. Unde reperitur EF $zbd:cz = bd:c$. porro $o = x$ (§. 156 *Geom.*) & $x = u$ (*ſ*. 99. 204 *Geom.*). Ergo $o = u$ (§. 87 *Arithm.*), conſequenter CBG = EBF (*ſ*. 88 *Arithm.*) = CEF (*ſ*. 87 *Arithm.*). Ergo ob angulum communem F (§. 267 *Geom.*).

$$CF : FE = FE : BF$$

$$y : \frac{bd}{c} = \frac{bd}{c} : y - c$$

$$cy : bd = bd : cy - cc$$

$$ccy^2 - c^3y = bbdd$$

$$y^2 - cy = bbdd : cc$$

$$y^2 - cy + \tfrac{1}{4}cc = \tfrac{1}{4}cc + bbdd : cc$$

$$y - \tfrac{1}{2}c = \sqrt{(\tfrac{1}{4}cc + bbdd : cc)}$$

$$y = \tfrac{1}{2}c + \sqrt{(\tfrac{1}{4}cc + bbdd : cc)}$$

Ex æquatione prima ſtatim liquet, inveniendas eſſe ipſi $bd:c$ reciprocas y & $y - c$. Ex ultima autem hæc elicitur

Conſtructio. Fiat BM = EG = d & ducatur LM ipſi AC parallela; erit LM = $bd:c$ (*ſ*. 268 *Geom.*) Dividatur BC bifariam in N & in C erigatur perpendicularis CO = LM; erit ON = $\sqrt{(\tfrac{1}{4}cc + bbdd : cc)}$ (*ſ*. 417 *Geom.*). Translata ergo ON ex N in F; erit CF = y. Denique cum EF = $bd : c$ = LM; ex puncto F intervallo EF determinetur punctum E. Quodſi jam ex C ducatur recta per E occurrens ipſi AB continuatæ in G, erit EG æqualis lineæ datæ.

PROBLEMA 135.

291. A *dato puncto* E *ducere rectam, quæ circulum datum tangat.* Tab. I. Fig. 22.

Quia punctum E poſitione, circulus GDFG & poſitione & magnitudine datur; dantur etiam EG & GC. Sit itaque EG = a, GC = b, ED = x; erit EF = $a + 2b$ & (*ſ*. 379 *Geom.*).

$$aa + 2ab = x^2$$

$$\sqrt{(aa + 2ab)} = x$$

 Con-

Conſtructio. Connectantur centrum circuli C & punctum datum E recta EC. Super ea deſcribatur ſemicirculus CDE ducanturque chordæ CD & DE; erit D rectus (§. 317 *Geom.*). Eſt vero $CE^2 = aa + 2ab + bb$, $CD^2 = bb$: ergo $DE = \sqrt{(2ab + aa)} = x$ (§. 417 *Geom.*).

PROBLEMA 136.

292. *Examinare regulam* Renaldiniam, *polygonum regulare quodcunque circulo inſcribendi.*

Regula *Caroli Renaldini* (c) hæc eſt. Dividatur diameter AB in tot partes æquales, in quot peri-
Tab. pheria dividi debet, Super AB
II. conſtruatur triangulum æquila-
Fig. terum AFB. Ex F per ſecundum
24. diviſionis punctum D ducatur recta FG. Erit ex ipſius mente BG latus polygoni.

Falſitatem regulæ una inſtantia oſtendiſſe ſufficit.

Sit BG latus octogoni & fiat BH = BG; erit HG latus quadrati. Sit porro CB = 1, EG = x; erit CD = $\frac{1}{2}$, *per regulam* Renaldini, FC = $\sqrt{3}$ (§. 268). Quoniam angulus ad C rectus (§. 184 *Geom.*) & is ad E itidem rectus (§. 291 *Geom.*), præterea verticales ad D æquales (§. 156 *Geom.*); erit (§. 267 *Geom.*) FC : CD = EG : DE, hoc eſt, $\sqrt{3} : \frac{1}{2} = x : \frac{\frac{1}{2}x}{\sqrt{3}}$. Hinc CE = $\frac{\sqrt{3} + x}{2\sqrt{3}}$

Unde tandem ob $CE^2 + EG^2 = CG^2$ (§. 417 *Geom.*) reperitur

$$\frac{3 + 2x\sqrt{3} + x^2}{12} + x^2 = 1 \qquad 12$$

$$3 + 2x\sqrt{3} + 13x^2 = 12$$

$$2x\sqrt{3} + 13x^2 = 9$$

$$\frac{2}{13}x\sqrt{3} + x^2 = \frac{9}{13}$$

$$\frac{3}{13.13} \qquad \frac{3}{13.13}$$

$$\frac{3}{13.13} + \frac{2}{13}x\sqrt{3} + x^2 = \frac{9}{13} + \frac{3}{13.13} = \frac{120}{13.13}$$

$$\frac{1}{13}\sqrt{3} + x = \frac{1}{13}\sqrt{120}$$

$$x = \frac{1}{13}\sqrt{120} - \frac{1}{13}\sqrt{3}$$
$$= \frac{2}{13}\sqrt{30} - \frac{1}{13}\sqrt{3}$$

Foret adeo ſemilatus quadrati, ſi vera eſſet regula *Renaldini*, $(2\sqrt{30} - \sqrt{3}) : 13$. Sed idem ex veris principiis elicitur $\frac{1}{2}\sqrt{2}$ (§. 21. *Trigon.*) $= \sqrt{\frac{1}{2}}$: quod diverſum a *Renaldiniano* eſſe extractio radicis pro-

(c) de Reſolutione & Compoſitione Mathematica lib. 2, ſ. 367.

probat. Fallit ergo regula *Renaldini* in octogono, adeoque non univerſalis.

SCHOLION.

293. *Eodem prorſus modo oſtenditur, quod etiam fallat in aliis polygonis.*

PROBLEMA 137.

294. *Data diagonali pentagoni regularis* AD, *invenire latus pentagoni* AE.

Tab. II. Fig. 25. Sit $AE = x$, $AD = a$. Quoniam anguli AEC menſura eſt arcus AB (§. 314 *Geom.*) & ipſius EFA ſemiſumma arcuum AE & CD (§. 316 *Geom.*), hoc eſt, arcus AE (§. 342 *Geom.*), eſt vero AB = AE (§. cit. *Geom.*); erit AEF = AFE (§. 142 *Geom.*), conſequenter AF = AE (§. 253 *Geom.*) $= x$, adeoque $FD = a - x$. Porro anguli AED menſura eſt $AB + \frac{1}{2} BC$ (§. 314 *Geom.*) & ipſius F menſura itidem $AB + \frac{1}{2} BC$ (§. 316 *Geom.*) & angulus ADE utrique triangulo AED & EFD communis. Quare (§. 267 *Geom.*).

$$AD : ED = ED : FD$$
$$a : x = x : a - x$$
$$a^2 - ax = x^2$$
$$a^2 = x^2 + ax$$

Eſt adeo x pars major ipſius a media & extrema ratione ſectæ (§. 258).

COROLLARIUM.

295. Erit ergo, ſubſtitutis a pro x & x pro a, $a = \frac{1}{2}x + \sqrt{\frac{5}{4}x^2}$. Unde patet, quomodo ex dato latere diagonalis inveniatur.

PROBLEMA 138.

296. *Invenire circulum ſuperficiei cylindri æqualem.*

Sit ratio radii ad peripheriam $r : p$; peripheria cylindri $= p$, altitudo a; erit ſuperficies $= ap$ (§. 516 *Geom.*). Sit radius circuli $= x$; erit $r : p = x : \frac{px}{r}$, quæ eſt ejusdem peripheria (§. 425 *Geom.*). Unde habemus (§. 429 *Geom.*).

$$px^2 : 2r = ap$$
$$px^2 = 2rap$$
$$x^2 = 2ar$$
$$x = \sqrt{2ar}$$

Theorema. Superficies cylindri æquatur circulo, cujus radius eſt medius proportionalis inter diametrum & altitudinem cylindri.

PROBLEMA 139.

297. *Invenire cylindrum, cujus ſuperficies ſit circulo dato æqualis.*

 Sit

Sit circuli radius $= r$, peripheria $= p$, altitudo cylindri $= x$, radius baſis $= y$; erit peripheria ejus $py : r$ (§. 425 *Geom.*), conſequenter (§. 516 *Geom.*).

$$pyx : r = \tfrac{1}{2} pr$$
$$\overline{}\; r$$
$$pyx = \tfrac{1}{2} pr^2$$
$$\overline{}\; p$$
$$yx = \tfrac{1}{2} r^2$$
$$\overline{}\; y$$
$$x = r^2 : 2y$$

Eſt adeo problema indeterminatum, ita ut radius pro arbitrio aſſumi poſſit vel, quod perinde eſt, altitudo.

PROBLEMA 140.

298. *Data diametro ſphæræ & altitudine cylindri ipſi æqualis, invenire diametrum cylindri.*

Sit diameter ſphæræ $= d$, altitudo cylindri $= a$, diameter ejus $= x$, erit ſoliditas illius $157d^3 : 300$ (§. 552 *Geom.*), hujus $314ax^2 : 400$ (§. 514 *Geom.*). Quare per conditionem problematis:

$$157 d^3 : 300 = 314 ax^2 : 400$$
$$4.157 d^3 : 3 = 314 ax^2$$
$$\overline{}\; 314a$$
$$628 d^3 : 942 a = 2d^3 : 3a = x^2$$
$$\sqrt{(2d^3 : 3a)} = x$$

Æquatio penultima in hanc analogiam

$$3a : 2d = d^2 : x^2$$

reſoluta ſequens ſuppeditat

Theorema: Quadratum diametri ſphæræ eſt ad quadratum diametri cylindri ipſi æqualis fere ut tripla cylindri altitudo ad diametrum ſphæræ duplam.

PROBLEMA 141.

299. *Data diametro ſphæræ* AB, *inuenire latus tetraëdri ipſi inſcribendi* AD. Tab. II. Fig. 26.

Sit diameter ſphæræ $AB = a$, latus tetraëdri $AD = x$, erit radius circuli, cui unum e triangulis tetraëdri inſcribi poteſt $= \sqrt{\tfrac{1}{3}x^2}$ (§. 269). Sit $AC = y$, erit $CB = a - y$, conſequenter

(§. 327 *Geom.*) (§. 417 *Geom.*)

$$AC : CD = CD : CB \qquad AD^2 = AC^2 + CD^2$$
$$y : \sqrt{\tfrac{1}{3}x^2} = \sqrt{\tfrac{1}{3}x^2} : a - y \qquad x^2 = y^2 + \tfrac{1}{3}x^2$$
$$ay - y^2 = \tfrac{1}{3}x^2 \qquad \tfrac{2}{3}x^2 = y^2$$
$$ay - \tfrac{2}{3}x^2 = \tfrac{1}{3}x^2 \qquad \sqrt{\tfrac{2}{3}x^2} = y$$
$$ay = x^2$$
$$a\sqrt{\tfrac{2}{3}x^2} = x^2$$
$$\tfrac{2}{3}a^2 x^2 = x^4$$
$$\tfrac{2}{3}a^2 = x^2$$

$\sqrt{\tfrac{2}{3}}$

Digitized by Google

$$V\tfrac{2}{3}a^2 = x$$

Eſt ergo $x^2 : a^2 = 2 : 3$.

Theorema. Quadratum lateris tetraëdri eſt ad quadratum diametri ſphæræ, cui inſcribi poteſt, in ratione ſubſeſquialtera.

COROLLARIUM 1.

300. Eſt ergo latus tetraëdri ad diametrum ſphæræ, cui inſcribitur, ut $\sqrt{2}$ ad $\sqrt{3}$, conſequenter huic incommenſurabile.

COROLLARIUM 2.

Tab. II. Fig. 27. 301. Porro quoniam $y^2 = \frac{2}{3}x^2 = \frac{2}{3}ay$, erit $y = \frac{2}{3}a$. Patet adeo tetraëdrum ſphæræ inſcribi, ſi diameter AB in tres partes æquales dividatur fiatque AC $= \frac{2}{3}$ AB.

PROBLEMA 142.

302. *Data diametro ſphæræ, invenire latus cubi ſeu hexaëdri ipſi inſcribendi* FG.

Tab. II. Fig. 28. Sit diameter ſphæræ, quæ diagonali cubi FH æquatur, $= a$, latus cubi $= x$; erit (§. 417 *Geom.*) $FI^2 = 2x^2$ & $FH^2 = 3x^2$, conſequenter

$$3x^2 = a^2$$

$$x^2 = \tfrac{1}{3}a^2$$

$$x = V\tfrac{1}{3}a^2$$

Theorema. Quadratum lateris hexaëdri eſt ad quadratum diametri ſphæræ circumſcriptæ in ratione ſubtripla.

COROLLARIUM 1.

303. Eſt ergo latus hexaëdri ad diametrum ſphæræ, cui inſcribitur, ut 1 ad $\sqrt{3}$ conſequenter huic incommenſurabile.

COROLLARIUM 2.

304. Sit in diametro ſphæræ AC $= \frac{2}{3}a$ & CB $= \frac{1}{3}a$; erit AD $= \sqrt{\frac{2}{3}a^2}$, conſequenter DB $= \sqrt{\frac{1}{3}a^2}$ ſeu latus hexaëdri. Tab. II. Fig. 27.

PROBLEMA 143.

305. *Data diametro ſphæræ, invenire latus octaëdri inſcripti* ML. Tab. II. Fig. 29.

Sit LM $= y$, diameter ſphæræ circumſcriptæ HL $= b$. Quoniam ML quadrantem ſubtendit (§. 342 *Geom.*); erit (§. 417 *Geom.*).

$$\tfrac{2}{4}bb \text{ ſeu } \tfrac{1}{2}bb = x^2$$

$$V\tfrac{1}{2}b^2 = x$$

Theorema. Quadratum lateris octaëdri eſt ad quadratum diametri ſphæræ circumſcriptæ in ratione ſubdupla.

COROLLARIUM 1.

306. Eſt ergo latus octaëdri ML ad diametrum ſphæræ circumſcriptæ ut 1 ad $\sqrt{2}$, adeoque huic incommenſurabile.

COROLLARIUM 2.

307. Si ex centro ſphæræ E erigatur perpendicularis EF, erit FA $= V\frac{1}{2}b^2$, adeoque latus octaëdri inſcribendi, id quod

quod in ipſo calculo ſuppoſuimus in futuros tamen uſus ſigillatim enunciandum.

PROBLEMA 144.

Tab. II. Fig. 30. 308. *Data diametro ſphæræ, invenire latus dodecaëdri* AB.

Quoniam puncta A, C, F, H ſunt in ſphæra: planum per ea tranſiens eſt circulus, ut inferius in ſphæricis independenter a dodecaëdro demonſtrabitur. Quoniam anguli B, M, G & L, itemque latera AB, BC, CM, MF, FG, GH, HL & LA inter ſe æquantur (§. 475. 106 *Geom.*); AC = CF = HF = HA (§. 179 *Geom.*) adeoque AHFC quadratum (§. 342 & 98 *Geom.*). Jam cum pentagona 12 in 36 triangula reſolvantur per lineas diagonales, quadratum vero AHFC nonniſi 6 ſubtendat; omnia iſta triangula a ſex quadratis ſubtendantur neceſſe eſt, conſequenter diagonalis AC eſt lateri hexaëdri ſive cubi eidem ſphæræ inſcripti æqualis (§. 459 *Geom.*).

Sit latus dodecaëdri AB = x, diameter ſphæræ = d, erit AC = $\sqrt{\tfrac{1}{3}d^2}$ (§. 302), conſequenter

$$\sqrt{\tfrac{1}{3}d^2} : x = x : \sqrt{\tfrac{1}{3}d^2} - x \quad (\S.\ 294)$$

$$\tfrac{1}{3}d^2 - x\sqrt{\tfrac{1}{3}d^2} = x^2$$

$$\tfrac{1}{3}d^2 = x^2 + x\sqrt{\tfrac{1}{3}d^2}$$

$$\tfrac{1}{12}d^2 \qquad\qquad \tfrac{1}{12}d^2$$

$$\tfrac{5}{12}d^2 = x^2 + x\sqrt{\tfrac{1}{3}d^2} + \tfrac{1}{12}d^2$$

$$\sqrt{\tfrac{5}{12}d^2} = x + \sqrt{\tfrac{1}{12}d^2}$$

$$\sqrt{\tfrac{5}{12}d^2} - \sqrt{\tfrac{1}{12}d^2} = x$$

h. e. $\tfrac{1}{2}\sqrt{\tfrac{5}{3}d^2} - \tfrac{1}{2}\sqrt{\tfrac{1}{3}d^2} = x$

Æquatio altera hoc ſuppeditat

Theorema: Quadratum diametri ſphæræ æquatur rectangulo ex aggregato lateris dodecaëdri & hexaëdri eidem inſcriptorum in triplum latus dodecaëdri.

COROLLARIUM 1.

309. Si diameter ſphæræ fuerit 1, erit latus dodecaëdri inſcripti $\tfrac{1}{2}\sqrt{\tfrac{5}{3}} - \tfrac{1}{2}\sqrt{\tfrac{1}{3}}$, conſequenter illa ad hoc, ut 2 ad $\sqrt{\tfrac{5}{3}} - \sqrt{\tfrac{1}{3}}$ & quadratum illius ad quadratum hujus ut 6 ad $3 - \sqrt{5}$. Eſt ergo diameter ſphæræ lateri dodecaëdri inſcripti tum in ſe, tum potentia incommenſurabilis.

COROLLARIUM 2.

310. Latus dodecaëdri eſt portio major BG lateris hexaëdri DB eidem ſphæræ inſcripti media & extrema ratione ſecti in G (§. 258). Tab. I. Fig. 27.

PRO-

PROBLEMA 145.

Tab. II. Fig. 31. 311. *Data diametro ſphæræ* HM *invenire latus icoſaëdri inſcripti.*

Sit ABCDEA circulus ſubtendens angulum ſolidum icoſaëdri H; erit latus icoſaëdri æquale lateri pentagoni AB huic circulo inſcripti (§. 475 *Geom.*). Concipiatur eidem circulo inſcriptum decagonum regulare DKEFA &c. & alterum circulo alii, qui iſti parallelus & ab eo diſtat intervallo radii GC; erit DN = DC (§. 279). Quodſi ergo anguli pentagonorum lineis transverſis DN, DI, EI &c. connectantur; decem prodibunt triangula æquilatera juncta decem aliis, quorum quinque a circulo ſuperiore, quinque ab inferiore ſubtenduntur.

Sit HM = b, HC = x, GC = y. Quoniam GC eſt latus hexagoni; erit HG latus decagoni (§. 279) adeoque = $\sqrt{\frac{5}{4}y^2} - \frac{1}{2}y$, *vi* §. *cit.* Habemus ergo

$$2\sqrt{\tfrac{5}{4}y^2} - y + y = b \qquad x^2 = y^2 + \tfrac{5}{4}y^2 - y\sqrt{\tfrac{5}{4}y^2} + \tfrac{1}{4}y^2$$

$$\text{h. e. } 2\sqrt{\tfrac{5}{4}y^2} = b$$

$$5y^2 = b^2 \qquad x^2 = \tfrac{5}{2}y^2 - y\sqrt{\tfrac{5}{4}y^2}$$

$$y^2 = \tfrac{1}{5}b^2 \qquad x^2 = \tfrac{1}{2}b^2 - \sqrt{\tfrac{1}{20}b^4}$$

$$\text{ſeu } \tfrac{1}{2}b^2 - \tfrac{1}{2}b\sqrt{\tfrac{1}{5}b^2}$$

$$y = \sqrt{\tfrac{1}{5}b^2} = b : \sqrt{5} \qquad x = \sqrt{\left(\tfrac{1}{2}b^2 - \tfrac{1}{2}b\sqrt{\tfrac{1}{5}b^2}\right)}$$

Conſtructio. Fiat AH = AB = b, erit EH = $\sqrt{\frac{5}{4}b^2}$ (§. 417 *Geom.*) & ob EH : AH = EK : IK, hoc eſt, $\frac{1}{2}b\sqrt{5} : b = \frac{1}{2}b : \frac{b}{\sqrt{5}}$ (§. 268 *Geom.*) IK $= b : \sqrt{5}$. Eſt ergo IK radius circuli, cui pentagonum icoſaëdri inſcribitur. Porro EI $= b : 2\sqrt{5} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{5}b^2}$ (§. *cit. Geom.*) & hinc AI $= \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{5}b^2}$. Unde tandem AK $= \sqrt{\left(\frac{1}{2}b^2 - \frac{1}{2}b\sqrt{\frac{1}{5}b^2}\right)} = x$ (§. 330 *Geom.*). Tab. II. Fig. 27.

COROLLARIUM 1.

312. Quoniam $5y^2 = b^2$; quadratum diametri ſphæræ eſt in ratione quintupla ad quadratum radii circuli angulum ſolidum icoſaëdri ſubtendentis.

COROLLARIUM 2.

313. Liquet etiam, latus icoſaëdri diametro ſphæræ circumſcriptæ tum in ſe, tum potentia incommenſurabile eſſe.

SCHOLION 1.

314. *Si diameter ſphæræ fuerit* 10000 *erit* (§. 299. 305. 302. 311. 308) *latus tetraedri inſcripti* 81149, *octaëdri* 70710, *hexaëdri* 57735, *icoſaëdri* 52573, *dodecaëdri* 35682 (f).

(f) Herigonius Curſ. Mathem. Tom. I. p. 779.

SCHOLION 2.

315. Cum ex diametro ſphæræ corporibus regularibus circumſcriptæ invenire poſſimus latera eorum; non difficile foret, inde ulterius elicere tum ſuperficies, tum ſoliditates eorundem, easque tum inter ſe, tum cum quadrato & cubo diametri ſphæræ conferre: ſed quoniam hæc doctrina rariſſimi eſt uſus, eam prætermittendam eſſe judicamus.

CAP. IV.

DE ALGEBRA AD TRIGONOMETRIAM PLANAM APPLICATA.

PROBLEMA 146.

316. *Datis baſi* HI *trianguli cujuscunque & angulis ad baſin* H *&* I, *invenire altitudinem.*

Tab. II. Fig. 21. n. 1. Sit $HI = a$, $LM = x$, ſinus anguli $MIL = s$, ejus Coſinus $= c$; ſinus anguli $LHM = p$, ejus Coſinus $= q$. Erit (§. 33 *Trigon.*) $s : x = c : MI$ & $p : x = q : HM$. Unde reperitur $MI = cx : s$ & $HM = qx : p$ (§. 302 *Arithm.*). Quare (§. 87 *Arithm.*).

$$cx : s + qx : p = a \quad \cdot sp$$

$$pcx + sqx = asp \quad \div bc + sq$$

$$x = asp : (pc + sq)$$

Æquatio penultima in hanc analogiam

$$pc + sq : sp = a : x$$

reſoluta ſequens exhibet

Theorema. In omni triangulo HIL baſis HI eſt ad altitudinem ML ut ſumma rectangulorum ex ſinu anguli obliqui ad baſin unius in Coſinum alterius ſe habet ad rectangulum ex ſinibus angulorum ad baſin.

Aliter.

Sumatur ML pro ſinu toto, erunt HM & MI tangentes angulorum HLM & MLI, ſeu cotangentes datorum H & I. Sint ſinus totus $= t$, Cotangentes $= m$ & n, $LM = x$, $HI = a$; erit $t : m = x : HM$ & $t : n = x : MI$ (§. 40 *Trigon.*), conſequenter $HM = mx : t$, $MI = nx : t$, adeoque (§. 87 *Arithm.*).

$$a = (mx + nx) : t \quad \cdot t$$

$$at = mx + nx \quad \div m + n$$

$$at : (m + n) = x$$

The

Theorema. Baſis trianguli eſt ad altitudinem ut ſumma Cotangentium angulorum ad baſin ad ſinum totum.

PROBLEMA 147.

Tab. II. Fig. 21. n. 1. 317. *Datis ſumma crurum* HL + LI *una cum angulis ad baſin* H & I, *invenire crura* HL & LI.

Sit HL + LI $= a$, ſinus H$=m$, ſinus I$=n$, HL$=x$, erit IL $= a - x$. Quare (§. 33 *Trigon.*).

$$x : n = a - x : m$$

$$mx = na - nx$$

$$mx + nx = na$$

$$x = na : (m + n)$$

$$a - x = (ma + na - na) : (m + n)$$
$$= ma : (m + n)$$

Theorema. Summa crurum trianguli HL + LI eſt ad crus unum HL ut ſumma ſinuum angulorum ad baſin H & I ad ſinum anguli I cruri iſti HL oppoſitum.

PROBLEMA 148.

Tab. II. Fig. 21. 318. *Datis angulis ad baſin* H & I *una cum ſegmento baſeos uno* HM, *invenire ſegmentum alterum* MI.

Sit HM$=a$, MI$=x$, ſinus anguli H$=m$, ejus Coſinus$=n$; ſinus anguli I$=p$, ejus Coſinus$=q$. Erit (§. 33 *Trigon.*) $n : a = m :$ ML. Reperitur adeo ML$= am : n$. Porro *vi* §. *cit.* $q : x = p :$ ML. Reperitur itaque ML$= px : q$. Quare (§. 81 *Arithm.*),

$$px : q = am : n \quad nq$$

$$pnx = amq$$

$$x = amq : pn$$

Eſt adeo $pn : mq = a : x$

Theorema Si ex vertice trianguli L in baſin HI perpendiculum demittitur; ſegmentum unum HM eſt ad alterum MI ut rectangulum ex ſinu anguli ſegmento MI adjacentis in Coſinum anguli ſegmento HM adjacentis ad rectangulum ex ſinu anguli H in Coſinum anguli I.

PROBLEMA 149.

319. *Data area trianguli rectanguli* ABC *una cum angulo* C, *invenire crura* AB & BC. Tab. I. Fig. 3.

Sit area $= b^2$ BC$=x$

Sinus totus$=r$ erit BA$= 2b^2 : x$ (§. 394 *Geom.*)

Tangens C$=t$

Quare (§. 40 *Trigon.*)

$$x : 2b^2 = r : t$$
$$x$$

$$x^2 : 2b^2 =$$

$$x^2 = 2rb^2 : t$$

$$x = \sqrt{(2rb^2 : t)}$$

 The-

Theorema: Area trianguli rectanguli eſt ad quadratum cruris unius BC ut tangens dimidia anguli adjacentis C ad ſinum totum.

Tab. II. Fig. 32. *Conſtructio:* Intra crura anguli dati ADM erigatur perpendicularis FE puncto E pro lubitu aſſumto, erit $DE = r$ & $FE = t$ (§. 7 *Trigon.*). Fiat $DG = FE$, $DH = b$ & agatur ipſi EG parallela HI: erit $DI = br : t$ (§. 271 *Geom.*). Fiat $MI = 2b$ & quæratur inter MI & DI media proportionalis IK (§. 327 *Geom.*), quæ erit crus unum. Dividatur MI bifariam in L & fiat $IN = LI$, ducaturque NO ipſi MK parallela, erit $IO = 2b^2 : x$ (§. 271 *Geom.*), adeoque crus alterum, conſequenter KOI triangulum quæſitum.

Tab. XII. Fig. 117. *Aliter.* Sit EDA angulus datus. Fiat $DA = 2b$ & erigatur AE perpendicularis ad DA: erit ſimul $DA = r$ & $AE = t$ (§. 7 *Trigon.*). Producatur EA in infinitum & in D erigatur ad ED perpendicularis DG, erit $AG = \frac{2br}{t}$ (§. 327 *Geom.*). Fiat $AH = AG$ & $AI = \frac{1}{2} AD = b$, erit deſcripto ſuper IH ſemicirculo $AL = \sqrt{\frac{2b^2r}{t}}$. Fiat denique $AB = AL$ & ducatur BC cruri anguli dati DE parallela; erit triangulum BAC quæſitum.

PROBLEMA 150.

Tab. III. Fig. 33. 320. *Data ſubtenſa arcus* AB *quadrante minoris una cum radio circuli* CE, *invenire ſubtenſam* CB *arcus compoſiti ex arcu* AB *& ejus complemento dimidio ad ſemicirculum.*

Applicetur AB diametro CD parallela & fiat $DF = AB$, ducanturque rectæ EB, AD & BF. Quoniam $x = o$ (§. 315 *Geom.*), & ob parallelismum linearum AD & BF (§. 257 *Geom.*) $x = y$ (§. 233 *Geom.*); erit $o = y$ (§. 87 *Arithm.*). Eſt vero etiam ob $CE = EB$ (§. 40 *Geom.*) $u = o$ (§. 184 *Geom.*) $= y$, conſequenter $CF : CB = CB : CE$ (§. 267 *Geom.*). Sit jam $AB = a$ $CE = r$, $CB = x$; erit $CF = a + 2r$, conſequenter

$$a + 2r : x = x : r$$

$$ar + 2r^2 = x^2$$

$$\sqrt{(ar + 2a^2)} = x$$

COROLLARIUM 1.

321. Cum angulus CBD ſit rectus (§. 317 *Geom.*); erit $BD^2 = 4r^2 - ar - 2r^2 = 2r^2 - ar$ (§. 417 *Geom.*), conſequenter BD ſubtenſa dimidii complementi ad ſemicirculum arcus $AB = \sqrt{(2r^2 - ar)}$.

COROLLARIUM 2.

322. Quadratum ergo chordæ DB arcum quadrante minorem ſubtendentis æquatur rectangulo ex radio CE in diffe-

Digitized by Google

differentiam chordæ diametro parallelæ ex puncto B ductæ AB a diametro CD.

COROLLARIUM. 3.

323. Quadrata chordarum CB & BD; quas ambæ ſimul ſemicirculum ſubtendunt, ſunt inter ſe ut $2r^2 + ar$ ad $2r^2 - ar$ (§. 319. 320), hoc eſt, ut $2r + a$ ad $2r - a$ (§. 181 *Arithm.*), hoc eſt, ut aggregatum ex diametro CD & chorda AB ex puncto concurſus B eidem parallela ducta ad differentiam hujus chordæ a diametro.

PROBLEMA 151.

Tab. II. Fig. 34. 324. *Datis in quadrilatero circulo inſcripto lateribus* AE, EB, BC *&* AC *una cum diagonali* EC, *invenire diagonalem* AB.

Sit AE $= a$, EB $= b$, BC $= c$, AC $= d$, EC $= f$, AB $= y$. Ducatur EF, ita ut ſit $o = x$ (§. 208 *Geom.*). Quoniam præterea ACE = ABE (§. 315 *Geom.*); erit EC : AC = EB : BF, hoc eſt, $f : d = b$: BF (§. 267 *Geom.*). Reperitur ergo BF $= bd : f$. Quoniam porro EAB = ECB (§. 315 *Geom.*) & AEF = CEB (§. 88 *Arithm.*); erit EC (f) : CB (c) = EA (a) : AF ($ac : f$) (§. 267 *Geom.*). Quare (§. 86 *Arithm.*)

$$(bd + ac) : f = y$$

$$bd + ac = fy$$

Theorema. In quadrilatero circulo inſcripto AEBC rectangulum ex diagoniis EC & AB æquatur rectangulis ex lateribus oppoſitis EB in AC & EA in BC.

PROBLEMA 152.

325. *Dato ſinu anguli ſimpli, invenire ſinus & Coſinus angulorum multiplorum.*

Sit angulus quicunque A, fiat AB = BD = DF = FH = HL = LM = MP = PQ = QT = TV: erit A = ADB (§. 184 *Geom.*), EBD = A + ADB (§. 239 *Geom.*) = 2A, *per demonſtr.* Eodem modo oſtenditur, eſſe FDH = A + DFA = 3A; HFL = A + AHF = 4A; LHK = A + ALH = 5A; PLM = A + AML = 6A &c. Demittantur perpendiculares BC, DE, FG, IH, LK, MN &c. Quodſi AB ſumatur pro ſinu toto; erit BC ſinus, AC Coſinus anguli ſimpli A; ED ſinus, EB Coſinus anguli dupli, FG ſinus, DG Coſinus anguli tripli &c. (§. 2. 11. *Trigon.*). Tab. III. Fig. 35.

Sit AB $= r$, BC $= b$, AC $= a$; erit ob angulum A utrique ΔΔ BAC & EAD communem & rectos ad C & E æquales (§. 267 *Geom.*):

AB : BC = AD : DE

$r : b = 2a : \frac{2ab}{r}$

AB : AC = AD : AE

$r : a = 2a : \frac{2a^2}{r}$

Ergo BE = AE − AB = $2a^2 : r - r = (2a^2 - r^2) : r$. Eſt vero $r^2 = a^2 + b^2$ (§. 417 *Geom.*). Ergo BE = $(2a^2 - a^2 - b^2) : r = (a^2 - b^2) : r$ & AF = AE + EF = $(3a^2 - b^2) : r$.

AB : BC = AF : FG (§. 268 *Geo.*)

$r : b = \frac{3a^2 - b^2}{r} : \frac{3a^2b - b^3}{r^2}$

AB : AC = AF : AG

$r : a = \frac{3a^2 - b^2}{r} : \frac{3a^3 - ab^2}{r^2}$

Ergo DG = AG − AD = $(3a^3 - ab^2) : r^2 - 2a = (3a^3 - ab^2 - 2ar^2) : r^2 =$ ſubſtituto valore ipſius $r^2 (= a^2 + b^2)$, $(a^3 - 3ab^2) : r^2$, conſequenter AH = AG + GH = $(4a^3 - 4ab^2) : r^2$.

AB : BC = AH : HI

$r : b = \frac{4a^3 - 4ab^2}{r^2} : \frac{4a^3b - 4ab^3}{r^3}$

AB : AC = AH : AI

$r : a = \frac{4a^3 - 4ab^2}{r^2} : \frac{4a^4 - 4a^2b^2}{r^3}$

Quia FA = $(3a^2 - b^2) : r = (3a^2 - b^2) r^2 : r^3 = (3a^2 - b^2)(a^2 + b^2) : r^3 = (3a^4 + 2a^2b^2 + b^4) : r^3$, ideo erit FI = AI − AF = $(a^4 - 6a^2b^2 + b^4) : r^3$.

Eodem prorſus modo reperitur KL = $(5a^4b - 10a^2b^3 + b^5) : r^4$ & HK = $(a^5 - 10a^3b^2 + 5ab^4) : r^4$; MN = $(6a^5b - 20a^3b^3 + 6ab^5) : r^5$ & LN = $(a^6 - 15a^4b^2 + 15a^2b^4 - b^6) : r^5$; PO = $(7a^6b - 35a^4b^3 + 21a^2b^5 - b^7) : r^6$ & QR = $(b^7 - 21a^5b^2 + 35a^3b^4 - 7ab^6) : r^6$.

Si itaque radius ſeu ſinus totus = r, erit ſinus anguli

ſimpli b
dupli $2ab : r$
tripli $(3ba^2 - b^3) : r^2$
quadrupli $(4ba^3 - 4b^3a) : r^3$
quintupli $(5ba^4 - 10b^3a^2 + b^5) : r^4$
ſextupli $(6ba^5 - 20b^3a^3 + 6b^5a) : r^5$
ſeptupli $(7ba^6 - 35b^3a^4 + 21b^5a^2 - b^7) : r^6$ &c.

Hinc patet lex progreſſionis in infinitum. Componitur nimirum formula pro ſinu anguli multipli ex termino ſecundo, quarto, ſexto, octavo &c. binomii ex coſinu a & ſinu anguli ſimpli b compoſiti ad eam dignitatem evecti, cujus exponens idem eſt cum exponente multipli, ſignis + & − alternantibus (§. 95).

Hinc

Digitized by Google

Hinc formula generalis in caſu indefinito emergit

$$\frac{mba^{m-1}}{1.r^{m-1}} - \frac{m.m-1.m-2}{1.2.3.r^{m-1}}b^3a^{m-3} + \frac{m.m-1.m-2.m-3.m-4}{1.2.3.4.5.r^{m-1}}b^5a^{m-5} - \frac{m.m-3.m-2.m-3.m-4.m-5.m-6}{1.2.3.4.5.6.r^{m-1}}b^7a^{m-7}$$

Similiter ſi ſinus totus r, erit ſinus anguli

ſimpli $= a$

dupli $(a^2 - b^2):r$

tripli $(a^3 - 3b^2a):r^2$

quadrupli $(a^4 - 6b^2a^2 + b^4):r^3$

quintupli $(a^5 - 10b^2a^3 + 5b^4a):r^4$.

ſextupli $(a^6 - 15b^2a^4 + 15b^4a^2 - b^6):r^5$

ſeptupli $(a^7 - 21b^2a^5 + 35b^4a^3 - 7b^6a):r^6$ &c.

Unde denuo patet lex progreſſioſionis in infinitum. Nimirum formulæ componuntur ex terminis primo, tertio, quinto, ſeptimo, nono &c. binomii ex coſinu a & ſinu anguli ſimpli b compoſiti ad eam dignitatem evecti, cujus exponens eſt idem cum exponente multipli anguli deſiderati ſignis + & − alternantibus (§.95). Erit ergo formula generalis in caſu indefinito

$$a^m - \frac{m.m-1}{1.2.r^{m-1}}b^2a^{m-2} + \frac{m.m-1.m-2.m-3}{1.2.3.4.r^{m-1}}b^4a^{m-4} - \frac{m.m-1.m-2.m-3.m-4.m-5}{1.2.3.4.5.6r^{m-1}}b^6a^{m-6} + \frac{m.m-1.m-2.m-3.m-4.m-5.m-6.m-7}{1.2.3.4.5.6.7.8r^{m-1}}b^8a^{m-8}$$

&c. Quoniam $b^2 = r^2 - a^2$ (§.16 *Trig.*) & ipſius b^2 potentiæ ſunt etiam rationales; ſubſtituto hoc valore ſive in formula generali, ſive in ſpecialibus, prodit Coſinus anguli multipli per ſolum Coſinum ſimpli & radium determinatus. Ita reperietur Coſinus anguli

dupli $\frac{a^2 - b^2}{r} = \frac{a^2 - r^2 + a^2}{r} = \frac{2a^2}{r} - r$

tripli $\frac{a^3 - 3r^2a + 3a^3}{r^2} = \frac{4a^3}{r^2} - 3a$

quadrupli $\frac{a^4 - 6r^2a^2 + 6a^4 + r^4 - 2a^2r^2 + a^4}{r^3} = \frac{8a^4}{r^3} - \frac{8a^2}{r} + r$

quintupli $\frac{a^5 - 10r^2a^3 + 10a^5 + 5r^4a - 10r^2a^3 + 5a^5}{r^4} = \frac{16a^5}{r^4} - \frac{20a^3}{r^2} + 5a$

Simi-

Similiter ex ſinuum formula excluditur Coſinus, ſi valor ipſius $a = \sqrt{(r^2 - b^2)}$ ſubſtituitur: quamvis ea non ſit ab irrationalitate libera.

COROLLARIUM.

326. Cum ſinus ſit chordæ dimidium (*§. 2. Trigon.*), ſi chorda arcus ſimpli dicatur b & chorda ejus complementi ad quadrantem a, & diameter r; per eaſdem formulas chordæ arcuum multiplorum determinantur. Quoniam vero data chorda datur etiam arcus; per eaſdem formulas arcus per datum numerum multiplicari poteſt.

PROBLEMA 153.

327. *Data tangente arcus ſimpli, invenire tangentem arcus multipli.*

Cum ſit ut Coſinus $a^m - \frac{m.m-1}{1.2 r^{m-1}} b^2 a^{m-2} + \&c.$ ad ſinum $\frac{mba^{m-1}}{r^{m-1}} - \frac{m.\,m-1.m-2}{1.2.3.r^{m-1}} b^3 a^{m-3}$ &c. ita radius r ad tangentem (*§. 26 Trigon.*); erit tangens (aſſumtis ad abbreviandum calculum pro coëfficientibus coſinuum A, B, C, D, E, pro coëfficientibus ſinuum P, Q, R, S, T excluſo tamen in diviſoribus r^{m-1}) =

$$\frac{Prba^{m-1} - Qrb^3a^{m-3} + Rrb^5a^{m-5} - Srb^7a^{m-7}\ \&c.}{a^m - Ab^2a^{m-2} + Bb^4a^{m-4} + Cb^6a^{m-6}}$$

Sit tangens anguli ſimpli t, erit (*§. cit. Trigon.*) $a:b = r:t$, conſequenter $a = br:t$. Quodſi hic valor in locum ipſius a ſubſtituatur, prodit formula tangentis

$$\frac{\frac{Pb^mr^m}{t^{m-1}} - \frac{Qb^mr^{m-2}}{t^{m-3}} + \frac{Rb^mr^{m-4}}{t^{m-5}} - \frac{Sb^mr^{m-6}}{t^{m-7}}\ \&c.}{\frac{b^mr^m}{t^m} - \frac{Ab^mr^{m-2}}{t^{m-2}} + \frac{Bb^mr^{m-4}}{t^{m-4}} - \frac{Cb^mr^{m-6}}{t^{m-6}}}$$

Quodſi ulterius hæc formula dividatur per b^m & multiplicetur per t^m, prodibit tangens indefinita

$$\frac{Pr^mt - Qr^{m-2}t^3 + Rr^{m-4}t^5 - Sr^{m-6}t^7\ \&c.}{r^m - Ar^{m-2}t^2 + Br^{m-4}t^4 - Cr^{m-6}t^6}$$

Subſtitutis tandem valoribus P, Q, R, S & A, B, C, &c. tangentium formula erit $\Big(\frac{m}{1} r^m t - \frac{m.\,m-1.}{1.\,2.}$

$m-2$

$\frac{m-2}{3} r^{m-3}t^3 + \frac{m.m-1.m-2.m-3.}{1.2.3.4.} \cdot \frac{m-4}{5} r^{m-5}t^5 - \frac{m.m-1.m-2.m-3.}{1.2.3.4.} \cdot \frac{m-4.m-5.m-6.}{5.6.7.} r^{m-7}t^7$ &c.) : ($r^m - \frac{m.m-1}{1.2} r^{m-2}t^2 + \frac{m.m-1.m-2.m-3.}{1.2.3} r^{m-4}t^4 + \frac{m.m-1.m-2.m-3.m-4.}{1.2.3.4.5.} \cdot \frac{m-5}{6} r^{m-6}t^6$ &c.).

Apparet adeo, ſi binomium ex radio & tangente $r+t$ ad dignitatem indeterminatam elevetur (§. 95), fractionis, quæ tangentem indefinitam exprimit, denominatorem componi ex terminis imparibus, numeratorem vero ex terminis paribus, ſed per radium multiplicatis & utrobique ſignis + atque − alternantibus.

PROBLEMA 154.

328. *Data ſecante arcus ſimpli, invenire ſecantem multipli.*

Quoniam ſecans eſt tertia proportionalis ad Coſinum & radium (§. 26 *Trigon.*), erit (§. 325) aſſumtis pro coëfficientibus Coſinus, excluſo tamen in diviſoribus r^{m-1}, A, B, C, D &c. ſecans indeterminata:

$$\frac{r^{m+1}}{a^m - Ab^2a^{m-2} + Bb^4a^{m-4} - Cb^6a^{m-6}} \text{ \&c.}$$

Eſt vero $r : b = ſ : t$ (§. *cit Trig.*): unde eruitur $r = bſ : t$. Hoc valore in formula ſecantis ſubſtituto, mutatur ea in ſequentem:

$$\frac{rb^m ſ^m}{a^m t^m - Ab^2a^{m-2}t^m + Bb^4a^{m-4}t^m} \text{ \&c.}$$

Porro $a : b = r : t$ (§ *cit. Trigon.*), adeoque $a = br : t$. Subſtituto itaque valore ipſius a in formula proxime præcedente; prodibit

$$\frac{rb^m ſ^m}{b^m r^m - Ab^m r^{m-2}t^2 + Bb^m r^{m-4}t^4 \text{ \&c.}}$$

Si tandem hæc formula dividatur per b^m, determinabitur valor ſecantis indefinitæ ex tangente & ſecante anguli ſimpli

$$\frac{ſ^m}{r^{m-1} - Ar^{m-3}t^2 + Br^{m-5}t^4 + Cr^{m-7}t^6}$$

CAP. V.
DE EXTRACTIONE RADICUM EX ÆQUATIONIBUS ALTIORIBUS.

PROBLEMA 155.

329. *Explicare naturam æquationum.*

1. Aſſumantur tot valores quantitatis incognitæ, quot libuerit, formenturque inde ſimplices æquationes, ſed nihilo æquales.

2. Æquationes ſimplices in ſe invicem ducantur; ita prodibunt æquationes altiores, quarum conſideratio earum proprietates manifeſtabit.

Sit $x=2$ $\quad x=a$
$x=-3$ $\quad x=-b$
$x=4$ $\quad x=c$
erit $x-2=0$. I $\quad x-a=0$
$x+3=0$. II $\quad x+b=0$
$x-4=0$. III $\quad x-c=0$

Multiplicetur primo æquatio I per æquationem II & factum denuo per æquationem III.

$$\begin{array}{ll} x-2=0 & x-a=0 \\ x+3=0 & x+b=0 \\ \hline +3x-6 & x^2+bx-ab=0 \\ x^2-2x & \quad -ax \\ \hline x^2+x-6=0 & x-c=0 \\ x-4=0 & \\ \hline & x^3-cx^2-bcx+abc=0 \\ -4x^2-4x+24 & +bx^2-acx \\ x^3+x^2-6x & -ax^2-abx \\ \hline x^3-3x^2-10x+24=0 & \end{array}$$

Ad has æquationes attendens (quæ facile ad ſuperiores gradus evehi poſſunt) ſequentia obſervabit:

1. *Quantitatem cognitam ſecundi termini eſſe ſummam radicum, ſed ſigno contrario affectarum, quantitatem cognitam tertii eſſe ſummam productorum ex ſingulis binis; quantitatem cognitam quarti eſſe ſummam productorum ex ſingulis ternis &c. terminum denique ultimum eſſe factum omnium radicum.* E. gr. in æquatione quadratica termini ſecundi quantitas cognita $1=3-2$. Radi-

Radices vero ſunt $+2$ & -3. Similiter in cubica quantitas cognita ſecundi termini $-3 = +3 - 4 - 2$. Radices ſunt -3, $+4$ & $+2$. Quantitas cognita tertii termini in æquatione cubica $-10 = -6 + 8 - 12$. Radices ſunt, $+2$, -3 & $+4$. In eadem terminus ultimus $+24 = 2 \cdot 3 \cdot 4$.

2. *Quamlibet æquationem tot habere radices, quot quantitas incognita primi termini dimenſiones, ſeu exponens unitates.* E. gr. in æquatione quadratica x^2 duas habet dimenſiones: radices duæ ſunt $+2$ & -3. In æquatione cubica x^3 tres habet dimenſiones, radices tres ſunt $+2$, -3 & $+4$.

3. *In qualibet æquatione tot eſſe radices veras, quot ſunt ſignorum permutationes; tot eſſe falſas, quot eorundem ſucceſſiones.* E. gr. in æquatione quadratica $x^2 + x - 6 = 0$, una eſt ſignorum ſucceſſio $+ +$, una permutatio $+ -$. Æquatio vero habet radices duas, alteram veram $+2$, alteram falſam -3. In æquatione cubica $x^3 - 3x^2 - 10x + 24 = 0$ duæ ſunt ſignorum permutationes $+ -$ & $- +$; una ſucceſſio $- -$. Radices vero tres habet, duas quidem veras $+2$ & $+4$, unam falſam -3.

SCHOLION 1.

330. *Theoremata duo priora ex ipſa æquationum geneſi haud difficulter demonſtrantur: tertium vero, quod Harriotus per inductionem invenit, nemo hactenus demonſtrare potuit.*

SCHOLION 2.

331. *Cæterum non eſt, quod miremur, unam æquationem multas habere poſſe radices. Unius enim ejusdemque problematis varii eſſe poſſunt caſus & in ſingulis caſibus ad eandem pervenitur æquationem: quemadmodum exempla in Quadraticis ſupra habuimus (§. 169. 162). Quoniam tamen caſus quidam interdum impoſſibiles ſunt; radices quoque impoſſibiles eſſe debent.*

COROLLARIUM.

332. Radices veræ mutantur in falſas & falſæ in veras, ſi ſigna terminorum alternorum mutentur. E. gr. æquatio $x^3 - 3x^2 + 10x + 24 = 0$ duas habet radices veras, unam falſam; ſed ſi ſcribas $x^3 + 3x^2 - 10x - 24$, duæ ſunt ſignorum ſucceſſiones $+ +$ & $- -$; una vero permutatio $+ -$ adeoque æquatio duas radices falſas, veram unam habet.

PROBLEMA 156.

333. *Radicem æquationis augere vel minuere quantitate data.*

Sit æquatio $x^3 - 6x^2 + 13x - 10 = 0$. Invenienda eſt æquatio alia, in qua radix $x + 3$.

Fiat $x + 3 = y$

erit $x = y - 3$

$$x^2 = y^2 - 6y + 9$$

$$\begin{aligned} x^3 &= y^3 - 9y^2 + 27y - 27 \\ -6x^2 &= -6y^2 + 36y - 54 \\ +13x &= +13y - 39 \\ -10 &= -10 \end{aligned}$$

$$y^3 - 15y^2 + 76y - 130 = 0.$$

En æquationem novam, in qua $y = x + 3$!

Sit e contrario in æquatione modo inventa radix minuenda binario.

Fiat $y - 2 = x$

erit $y = x + 2$

$$y^2 = x^2 + 4x + 4$$

$$\begin{aligned} y^3 &= x^3 + 6x^2 + 12x + 8 \\ -15y^2 &= -15x^2 - 60x - 60 \\ +76y &= +76x + 152 \\ -130 &= -130 \end{aligned}$$

$$x^3 - 9x^2 + 28x - 30 = 0.$$

En æquationem novam, in qua $x = y - 2$!

COROLLARIUM 1.

334. Quodſi radicem augeas quantitate radice falſa maxima majore; radices falſæ evadunt veræ, & contra ſi radicem minuas quantitate radice vera maxima majore, veræ evadunt falſæ. Si enim $y = -4$ & fiat $y + 5 = x$; erit $x = 5 - 4 = 1$. Contra ſi $y = 3$ & fiat $y - 4 = x$; erit $3 - 4 = -1 = x$. Dum itaque radicem minuimus quantitate quadam data, facile accidit ut radices veræ in falſas mutentur.

COROLLARIUM 2.

335. Dum radices veræ augentur, falſæ minuuntur. Nam ſi $y = 3$ & $= -5$, fiatque $y + 4 = x$; erit $x = 3 + 4 = 7$ & $y = 4 - 5 = -1$. Similiter ſi fiat $y - 2 = x$; erit $x = 3 - 2 = 1$ & $y = -5 - 2 = -7$.

PROBLEMA 157.

336. *Radicem æquationis per quantitatem datam multiplicare.*

Sit e. gr. radix æquationis $x^3 + px^2 + qx - r = 0$ multiplicanda per a.

Fiat $ax = y$

erit $x = y : a$

$$x^2 = y^2 : a^2$$

$$\begin{aligned} x^3 &= y^3 : a^3 \\ +px^2 &= +py^2 : a^2 \\ +qx &= +qy : a \\ -r &= -r \end{aligned}$$

$$\frac{y^3}{a^3} + \frac{py^2}{a^2} + \frac{qy}{a} - r = 0. \quad \times a^3$$

$$y^3 + apy^2 + a^2qy - a^3r = 0$$

En

En æquationem novam, in qua $y = ax$.

COROLLARIUM I.

337. Hinc manifeſtum eſt, æquationem datam tantum multiplicari debere per progreſſionem geometricam, in qua terminus primus 1, denominator rationis quantitas, per quam radix multiplicari jubetur. Sit e. gr. in æquatione $x^4 + 4x^3 - 19x^2 - 106x - 120 = 0$ radix multiplicanda per 2. Ita ergo procedendum.

$$\begin{array}{ccccc} x^4 + & 4x^3 - & 19x^2 - & 106x - & 120 = 0 \\ 1 & 2 & 4 & 8 & 16 \end{array}$$

$$y^4 + 8y^3 - 76y^2 - 848y - 1920 = 0$$

En æquationem, in qua $y = 2x$.

Similiter ſit radix æquationis $x^3 - 3x + 1 = 0$ multiplicanda per 3.

$$\begin{array}{cccc} x^3 * & - 3x & + 1 & = 0 \\ 1 & 3 & 9 & 27 \end{array}$$

$$y^3 * - 27x + 27 = 0$$

En æquationem, in qua $y = 3x$.

SCHOLION.

338 *Stellulæ repleri ſolent loca vacua, in quibus termini æquationis deficiunt.*

PROBLEMA 158.

339. *Radicem æquationis per quantitatem datam dividere.*

Sit æquationis $x^3 - px^2 + qx - r = 0$ radix dividenda per a.

Fiat $x : a = y$

erit
$$x = ay$$
$$x^2 = a^2y^2$$

$$x^3 = a^3y^3$$
$$-px^2 = -a^2py^2$$
$$+qx = +aqy$$
$$-r = -r$$

$$a^3y^3 - a^2py^2 + aqy - r = 0 \quad a^3$$

$$y^3 - \frac{py^2}{a} + \frac{qy}{a^2} - \frac{r}{a^3} = 0$$

En æquationem novam, in qua $y = x : a$.

COROLLARIUM.

340. Apparet adeo, non alia re opus eſſe, quam ut æquatio data dividatur per progreſſionem geometricam, cujus terminus primus 1, denominator rationis quantitas, per quam radix dividenda. Sit e. gr. radix æquationis $x^4 + 8x^3 - 76x^2 - 848x - 1920 = 0$ dividenda per 2. Ita igitur procedendum:

$$\begin{array}{ccccc} x^4 + & 8x^3 - & 76x^2 - & 848x - & 1920 = 0 \\ 1 & 2 & 4 & 8 & 16 \end{array}$$

$$y^4 + 4y^3 - 19y^2 - 106y - 120 = 0$$

In hac æquatione $y = \frac{1}{2}x$.

Similiter ſi radix æquationis $x^3 * - 36x - 54 = 0$ dividatur per 3; erit

$$x^3 * -36x - 54 = 0$$
$$1 \quad 3 \quad 9 \quad 27$$
$$y^3 * - 4y - 2 = 0.$$

In hac æquatione $y = \frac{1}{3}x$.

PROBLEMA 159.

341. *Complere æquationem, in qua termini quidam deficiunt.*

Radix æquationis augenda eſt quantitate data.

Sit e. gr. æquatio $x^3 * - 23x - 70 = 0$.

$$\text{Fiat} \quad x + 1 = y$$
$$\text{erit} \quad x = y - 1$$
$$x^2 = y^2 - 2y + 1$$

$$\begin{aligned} x^3 &= y^3 - 3y^2 + 3y - 1 \\ -23x &= \quad\quad -23y + 23 \\ -70 &= \quad\quad\quad -70 \\ \hline & y^3 - 3y^2 - 20y - 48 = 0. \end{aligned}$$

Habetur hic æquatio completa, in qua $y = x + 1$.

SCHOLION.

342. *Idem problema ſolvi poteſt radicem æquationis quantitate data minuendo: ſed cum hac ratione metuendum ſit, ne radices veræ in falſas mutentur (§. 333), conſultius eſt, ut radicem æquationis augeamus.*

PROBLEMA 160.

343. *Secundum terminum ex æquatione tollere.*

Sit in æquatione $x^3 \mp px^2 - qx + r = 0$ tollendus ſecundus terminus px^2.

$$\text{Fiat} \quad t + x = y$$
$$\text{erit} \quad x = y - t$$
$$x^2 = y^2 - 2ty + t^2$$

$$\begin{aligned} x^3 &= y^3 - 3ty^2 + 3t^2y - t^3 \\ \mp px^2 &= \mp py^2 \pm 2pty \mp pt^2 \\ -qx &= \quad -qy + qt \\ +r &= \quad\quad +r \end{aligned}$$

Ut ſecundus terminus tollatur, fieri debet

$$-3t - p = 0$$

Unde erit
$$-3t = p \quad : -3$$
$$t = -\tfrac{1}{3}p$$

Quodſi fuerit $+px^2$, erit
$$-3t + p = 0$$
$$-3t = -p \quad : -3$$
$$t = +\tfrac{1}{3}p$$

Et in genere, ſi fuerit $x^m \mp px^{m-1}$ &c. & fiat $x = y - t$, erit

$x^m =$

$x^m = y^m - mty^{m-1}$; &c.

$\mp px^{m-1} = \mp py^{m-1}$ &c.

conſequenter in caſu primo

$-mt - p = 0$

$-mt = -p$

$t = p : m$

in caſu autem altero

$-mt + p = 0$

$-mt = -p$

$t = -p : m$

Unde patet

Regula: Si terminus ſecundus ſit poſitivus, augeatur; ſi privativus, minuatur radix quantitate cognita ſecundi termini per exponentem primi diviſa.

Sit e. gr. ex æquatione $x^3 - 8x^2 - x + 8 = 0$ tollendus medius terminus.

Fiat $x - 8:3 = y$

erit $x = y + 8:3$

$x^2 = y^2 + 16y:3 + 64:9$

$$
\begin{aligned}
x^3 &= y^3 + 8y^2 + 64y:3 + 512:27 \\
-8x^2 &= -8y^2 - 128y:3 - 512:9 \\
-x &= -y - 8:3 \\
+8 &= +8 \\
\hline
y^3 &* - 67y:3 - 880:27 = 0
\end{aligned}
$$

In hac æquatione $y = x - 8:3$

COROLLARIUM I.

344. Quodſi ex æquatione quadratica affecta ſecundus terminus auſertur, ad puram reducitur, ſicque ea alio adhuc modo reſolvi poteſt. Sit e. gr. $x^2 - 8x + 15 = 0$.

Fiat $x - 4 = y$

erit $x = y + 4$

$$
\begin{aligned}
x^2 &= y^2 + 8y + 16 \\
-8x &= -8y - 32 \\
+15 &= +15 \\
\hline
y^2 - 1 &= 0 \\
y &= 1
\end{aligned}
$$

Conſequenter $x = 1 + 4 = 5$.

COROLLARIUM 2.

345. Secundo termino ſublato, æquationes cubicæ ad tres caſus reducuntur. Nimirum

$x^3 * - px - r = 0$

$x^3 * + px - r = 0$

$x^3 * - px + r = 0$

PROBLEMA 161.

346. *Ex æquatione terminum tertium tollere.*

Si in æquatione $x^3 - 4x^2 + 4x - 6 = 0$

Fiat $x = y - m$

erit $x^2 = y^2 - 2my + m^2$

$x^3 =$

$$x^3 = y^3 - 3my^2 + 3m^2y + m^3$$
$$-4x^2 = -4y^2 + 8my - 4m^2$$
$$+4x = \quad + 4y - 4m$$
$$-6 = \quad -6$$

Quoniam æquatio ſiniſtra dextræ æqualis; ſi tertius terminus deficere debet, talis aſſumendus eſt valor ipſius m, ut ſit

$$3m^2 + 8m + 4 = 0$$

erit ergo $m^2 + \frac{8}{3}m = -\frac{4}{3}$
$\frac{16}{9} \quad \frac{16}{9}$

$$m^2 + \frac{8}{3}m + \frac{16}{9} = \frac{4}{9}$$

$$m + \frac{4}{3} = \frac{2}{3}$$

$$m = -\frac{2}{3}$$

Fiat ergo $x = y + \frac{2}{3}$

erit $x^2 = y^2 + \frac{4}{3}y + \frac{4}{9}$

$$x^3 = y^3 + 2y^2 + \frac{4}{3}y + \frac{8}{27}$$
$$-4x^2 = -4y^2 - \frac{16}{3}y - \frac{16}{9}$$
$$+4x = \quad + 4y + \frac{8}{3}$$
$$-6 = \quad -6$$

$$y^3 - 2y^2 * - 130 : 27 = 0$$

En æquationem, in qua terminus tertius deficit, & $y = x - \frac{2}{3}$.

SCHOLION.

347. *Eodem artificio in aliis quoque caſibus utemur. Sed terminus quartus, quintus &c. hac methodo tolli nequeunt, quia radices altiores extrahendæ forent.*

PROBLEMA 162.

348. *Ex æquatione terminum penultimum tollere, ſi ſecundus deficiat.*

Pro quantitate incognita ſubſtituendus eſt terminus ultimus per y diviſus.

Sit e. gr. in æquatione $x^3 - 3x + 1 = 0$ tollendus terminus antepenultimus $-3x$. Operatio talis erit

$$x^3 = \frac{1}{y^3}$$
$$-3x = -\frac{3}{y}$$
$$+1 = +1$$

$$\frac{1}{y^3} - \frac{3}{y} + 1 = 0$$

$$y^3 - 3y^2 + 1 = 0$$

PROBLEMA 163.

349. *Æquationem datam a fractionibus liberare.*

Radix multiplicetur per factum ex omnibus denominatoribus fractionum occurrentium, aut per nume-

numerum, qui omnes denominatores metitur.

Exempla.

$$y^3 * - \tfrac{67}{3}y - \tfrac{880}{27} = 0$$
$$1 \quad 3 \quad 9 \quad 27$$

$$x^3 * - 201x - 880 = 0$$

In hac æquatione $x = 3y$.

$$x^3 - \tfrac{2}{3}x^2 + \tfrac{3}{4}x - 64 = 0$$
$$1 \quad 12 \quad 144 \quad 1728$$
$$y^3 - 8y^2 + 108y - 110592 = 0$$

In hac æquatione $y = 12x$.

PROBLEMA 164.

350. ***Æquationem datam ab irrationalitate liberare.***

Interdum id fieri poteſt per multiplicationem; interdum per diviſionem radicis. Neutra tamen regula univerſalis eſt.

Si radix fuerit quadrata, quæ tolli debet, radix æquationis multiplicatur per ipſam; ſi vero cubica aut altior quædam, per radicem cubicam ex quadrato quantitatis ſub ſigno radicali tollendæ poſitæ, aut in genere per radicem ejusdem gradus, quæ tolli debet, ſed ex quantitate ſub ſigno radicali tollendæ poſita ad gradum proxime inferiorem elevata. Interdum circumſtantiæ ſingulares aliud ſuadent.

Exempla.

$$x^4 + 2ax^3\sqrt{2} + 8abx^2 - a^3x\sqrt{8} - 2a^2b^2$$
$$1 \quad \sqrt{2} \quad 2 \quad \sqrt{8} \quad 4$$

$$y^4 + 4ay^3 + 16aby^2 - 8a^3y - 8a^2b^2 = 0.$$

In hac æquatione $y = x\sqrt{2}$.

$$x^3 - ax^2\sqrt[3]{2} + abx\sqrt[3]{32} - aab = 0$$
$$1 \quad 4^{1:3} \quad 16^{1:3} \quad 4$$

$$y^3 - 2ay^2 + 8aby - 4a^2b = 0$$

In hac æquatione $y = x\sqrt[3]{4}$

Diviſio exemplis rectius, quam regulis docetur.

$$x^3 - 3x^2\sqrt{3} * - 6\sqrt{3} = 0$$
$$1. \quad \sqrt{3}\,.\,3. \quad 3\sqrt{3}$$

$$y^3 - 3y^2 * - 2 = 0$$

In hac æquatione $y = x:\sqrt{3}$

$$x^3 - ax^2\sqrt[3]{2} + abx\sqrt[3]{32} - a^2b = 0$$
$$1 \quad \sqrt[3]{2} \quad \sqrt[3]{4} \quad 2$$

$$y^3 - ay^2 + 2aby - \tfrac{1}{2}a^2b = 0$$

In hac æquatione $y = x:\sqrt[3]{2}$.

$$x^3 - x^2\sqrt{2} + 3\tfrac{1}{2}x - 3\sqrt{2} = 0$$
$$1 \quad \sqrt{2} \quad 2 \quad 2\sqrt{2}$$

$$y^3 - y^2 + \tfrac{7}{4}y - \tfrac{3}{2} = 0$$

Quodſi ulterius fractiones tollere volueris; multiplicatio fieri debet per 2.

$$y^3 - y^2 + \tfrac{7}{4}y - \tfrac{3}{2} = 0$$
$$1 \quad 2 \quad 4 \quad 8$$

$$z^3 - 2z^2 + 7z - 12 = 0$$

In hac æquatione $z = 2y = 2x : \sqrt{2}$.

PROBLEMA 165.

351. *Invenire, utrum æquatio data habeat radices rationales, nec ne, &, ſi quas habet, quænam eæ ſint.*

Cum æquationis terminus ultimus ſit factum omnium radicum (§.329), reſolvatur is in ſuos factores & hi ſucceſſive ſubſtituantur pro x in æquatione data: in quibus enim caſibus numeri poſitivi & negativi ſe mutuo deſtruunt, in iis ſubſtitutus eſt valor ipſius x.

Sit e. gr. $x^2 - 6x + 8 = 0$. Terminus ultimus 8 factores habet 2 & 4. Ponatur $x = 2$; erit

$$\begin{aligned} x^2 &= 4 \\ -6x &= -12 \\ +8 &= +8 \\ \hline 0 &= 0 \end{aligned}$$

Eſt ergo 2 radix vera æquationis. Fiat quoque $4 = x$; erit

$$\begin{aligned} x^2 &= 16 \\ -6x &= -24 \\ +8 &= +8 \\ \hline 0 &= 0 \end{aligned}$$

Eſt ergo 4 radix altera vera æquationis

Sit $x^3 - 3x^2 - 13x + 15 = 0$. Factores termini ultimi 15 ſunt 1, 3, 5.

Subſtituatur 1 pro x; erit

$$\begin{aligned} x &= 1 \\ -3x^2 &= -3 \\ -13x &= -13 \\ +15 &= +15 \\ \hline 0 &= 0 \end{aligned}$$

Eſt ergo 1 una ex radicibus veris.

Subſtituatur porro 3 pro x; erit

$$\begin{aligned} x^3 &= 27 \\ -3x^2 &= -27 \\ -13x &= -39 \\ +15 &= +15 \\ \hline 0 &= -24 \end{aligned}$$

Eſt ergo 3 nulla ex radicibus veris.

Subſtituatur ergo -3 pro x.

$$\begin{aligned} x^3 &= -27 \\ -3x^2 &= -27 \\ -13x &= +39 \\ +15 &= +15 \\ \hline 0 &= 0 \end{aligned}$$

Eſt itaque -3 radix falſa æquationis,

Sub-

Subſtituatur denique 5 pro x; erit

$$x^3 = 125$$
$$-3x^2 = -75$$
$$-13x = -65$$
$$+15 = +15$$

Eſt ergo 5 radicum verarum altera.

Aliter.

Cum æquationes compoſitæ ex multiplicatione ſimplicium oriantur (§. 329); ſi radix aliqua fuerit rationalis, æquatio per ſimplicem ex aliquo factore termini ultimi & x conflatam diviſibilis ſit neceſſe eſt. Quare diviſio hæc tentanda.

Sit data æquatio $x^3 - 3x^2 - 10x + 24 = 0$. Factores termini ultimi ſunt 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12: unde æquationes ſimplices conflantur $x - 1 = 0$, $x + 1 = 0$, $x - 2 = 0$, $x + 2 = 0$, $x - 3 = 0$, $x + 3 = 0$, $x - 4 = 0$, $x + 4 = 0$, $x - 6 = 0$, $x + 6 = 0$, $x - 8 = 0$, $x + 8 = 0$, $x - 12 = 0$, $x + 12 = 0$. Diviſio fruſtra tentatur per $x - 1$ & $x + 1$. Quare 1 nec radix falſa eſt, nec verarum una: ſuccedit autem diviſio per $x - 2$.

$$x - 2)\ x^3 - 3x^2 - 10x + 24\ (x^2 - x - 12$$
$$x^3 - 2x^2$$
$$-x^2 - 10x$$
$$-x^2 + 2x$$
$$-12x + 24$$
$$-12x + 24$$
$$0$$

Eſt adeo 2 una ex radicibus veris: cumque terminus ultimus ſit 12 in quotiente, 8 & 12 non ſunt in numero radicum. Diviſio æquationis quadraticæ $x^2 - x + 12 = 0$ per $x - 3$ fruſtra tentatur: ſed per $x + 3$ ſuccedit.

$$x + 3)\ x^2 - x - 12\ (x - 4$$
$$x^2 + 3x$$
$$-4x - 12$$
$$-4x - 12$$
$$0$$

Eſt ergo 3 radix falſa æquationis &, ob $x - 4 = 0$, 4 verarum altera.

Similiter ſit $x^3 - 3x^2 - 13x + 15 = 0$: erunt factores termini ultimi 1, 3, 5, conſequenter diviſores tentandi $x - 1 = 0$, $x + 1 = 0$, $x - 3 = 0$, $x + 3 = 0$, $x - 5 = 0$, $x + 5 = 0$. Tentetur diviſio per $x - 1$.

$$x - 1)\ x^3 - 3x^2 - 13x + 15\ (x^2 - 2x - 15$$
$$x^3 - x^2$$
$$-2x^2 - 13x$$
$$-2x^2 + 2x$$
$$-15x + 15$$
$$-15x + 15$$
$$0$$

Eſt ergo 1 radicum verarum una. Diviſio in æquatione quadratica per $x - 3$ non ſuccedit: ſuccedit tamen per $x + 3$.

 $x+$

$$
\begin{array}{r|l}
x+3) & x^2-2x-15\ (x-5 \\
 & x^2+3x \\
\hline
 & -5x-15 \\
 & -5x-15 \\
\hline
 & 0
\end{array}
$$

Eſt itaque 3 radix falſa, & ob $x-5=0$, 5 verarum altera.

COROLLARIUM.

352. Ex modo allatis exemplis manifeſtum eſt, problema præſens hanc quoque admittere ſolutionem:

1. Numerus, quem radicem eſſe ſuſpicamur, ſubducendus eſt ex coëfficiente ſecundi termini.
2. Reſiduum multiplicandum eſt per illum ipſum numerum & factum ex coëfficiente termini tertii ſubtrahendum.
3. Quod relinquitur, denuo per illum numerum multiplicetur; factum ex coëfficiente termini tertii ſubtrahatur & ita porro.

$$
\begin{array}{cccc}
 & x^3-3x^2 & -10x & +24=0 \\
 & -2 & +2 & +24 \\
\hline
 & -1 & -12 & 0 \\
-2 & \text{———} & \text{———} & (-2 \\
 & +2 & +24 &
\end{array}
$$

Quoniam 0 relinquitur, 2 eſt una radicum verarum.

$$
\begin{array}{cccc}
 & x^3-3x^2 & -13x & +15=0 \\
 & -1 & +2 & +15 \\
\hline
 & -2 & -15 & 0 \\
-1 & \text{———} & \text{———} & -1 \\
 & +2 & +15 &
\end{array}
$$

Eſt ergo 1 altera radicum verarum.

SCHOLION.

353. *Ne radicum rationalium inveſtigatio moleſta accidat, conſultum eſt, ut vel æquationem propoſitam in aliam transformemus, in qua terminus ultimus diviſores pauciores habet, vel duos numeros inveſtigemus, intra quos radices continentur: quem in finem ſequentia ſubnectimus problemata.*

PROBLEMA 166.

354. *Æquationem propoſitam, in qua terminus ultimus plures admittit diviſores, transformare in aliam, in qua terminus ultimus pauciores diviſores habet.*

Fiat $x=1$, vel $x=-2$, vel $x=2$, vel $x=-2$, vel $x=3$, vel $x=-3$, vel $x=4$, vel $x=-4$ &c. &, his valoribus ſucceſſive ſubſtitutis, obſervetur, quo in caſu ſumma relinquat numerum pauciores factores habentem, quam terminus ultimus æquationis: eo enim numero radix æquationis vel augenda eſt, vel minuenda (§. 332).

Sit

Sit e. gr. $x^3 - 3x^2 - 10x + 24 = 0$.

Fiat $x = 1$

erit $x^3 = 1$

$-3x^2 = -3$

$-10x = -10$

$+24 = +24$

Summa $= +12$

Cum 12 pauciores diviſores admittat quam 24;

Fiat $x = y + 1$

erit $x^2 = y^2 + 2y + 1$

$$x^3 = y^3 + 3y^2 + 3y + 1$$
$$-3x^2 = -3y^2 - 6y - 3$$
$$-10x = -10y - 10$$
$$+24 = +24$$

$$y^3 * - 13y + 12 = 0$$

In hac æquatione eſt $y = x - 1$.

SCHOLION.

355. *Eadem æquatio* $y^3 * - 13y + 12 = 0$ *habet radicem falſam* -4. *Si enim hunc valorem pro* y *ſubſtituas, prodibit* $-64 + 52 + 12 = 0$. *Ergo* $x = y + 1 = -3$. *Reperitur adeo radix falſa æquationis propoſitæ* $x^3 - 3x^2 - 10x + 24 = 0$ *prorſus ut ſupra* (§. 350).

PROBLEMA 167.

356. *Invenire limites æquationis, hoc eſt, duas quantitates, intra quas radix continetur.*

Sit $x^2 + px - q = 0$

erit $x^2 + px = q$

$px < q$ (§. 84 *Arithm.*).

$x < q:p$ (§. 182 *Arithm.*).

Similiter ob $x^2 + px = q$

$q > x^2$ (§. 84 *Arithm.*).

$Vq > x$ (§. 246. 180 *Arithm.*).

$xVq > x^2$ (§. 180 *Arithm.*).

$px \quad px$ add.

$xVq + px > x^2 + px$ (§. 90 *Arithm.*)

adeoque $(Vq + p)x > q$ (§. 89 *Arith.*)

$x > q:(Vq + p)$ (§. 182 *Arithm.*).

Sunt adeo limites æquationis $q:p$ & $q:(Vq + p)$. Nempe radix minor eſſe debet quam $q:p$ & major quam $q:(Vq + p)$.

Sit $x^2 - px + q = 0$

erit $x^2 + q = px$

$x^2 < px$

$x < p$

Similiter quia $x^2 = px - q$, adeoque differentia inter px & q poſitiva, erit

$$px > q$$

$$x > q:p$$

Sunt adeo limites æquationis p & $q:p$. Nempe radix minor eſt quam p & major quam $q:p$.

Sit $x^2 - px - q = 0$

erit $x^2 = px + q$

$$x^2 > q$$

$$x > Vq$$

$$xVq > q$$

Ergo $px + xVq > px + q$
hoc eſt, $px + q < px + xVq$
adeoque $x^2 < px + xVq$

$$x < p + Vq$$

Similiter $x^2 > px$

$$x > p$$

$$px > p^2$$

$$px + q > p^2 + q$$
$$x^2 > p^2 + q$$

$$x > V(p^2 + q)$$

Sunt adeo limites $p + Vq$ & $V(p^2 + q)$. Nimirum radix minor eſſe debet quam $p + q$; ſed major, quam $V(p^2 + q)$.

Sit $x^3 - qx + r = 0$

erit $x^3 + r = qx$

Ergo $qx > r$

$$x > r:q$$

Similiter $x^3 < qx$

$$x^2 < q$$

$$x < Vq$$

Sunt adeo limites $r:q$ & Vq.

Sit $x^3 + qx - r = 0$

erit $x^3 + qx = r$

$$qx < r$$

$$x < r:q$$

Similiter $r > x^3$

$$r^{1:3} > x$$

$$\sqrt[3]{r^2} > x^2$$

$$xr^{2:3} > x^3$$

$xr^{2:3}$

Digitized by Google

$$xr^{2:3} + qx > x^3 + qx$$
$$> r$$

$$x > r:(r^{2:3} + q)$$

Sunt adeo limites $r:q$, & $r:(r^{2:3} + q)$,

Sit $x^3 - px^2 + qx - r = 0$

erit $x^3 - px^2 = r - qx$

Quodſi ergo x $> p$, erit quoque $r > qx$, conſequenter $x < r:q$. Sed ſi $p > x$; erit $qx > r$, conſequenter x $> r:q$.

In utroque igitur caſu limites ſunt p & $r:q$

Sit $x^3 - px^2 - qx + r = 0$

erit $x^3 + r = px^2 + qx$

$$px^2 + qx > r$$

$$x^2 + qx:p > r:p$$
$$x^2 + qx:p + q^2:4p^2 > r:p + q^2:4p^2$$

$$x + q:2p > V(r:p + q^2:4p^2)$$

$$x > V(r:p + q^2:4p^2) - q:2p.$$

Similiter $px^2 + qx > x^3$

$$px + q > x^2$$

$$q > x^2 - px$$

$$q + \tfrac{1}{4}p^2 > x^2 - px + \tfrac{1}{4}p^2$$

$$V(q + \tfrac{1}{4}p^2) > x - \tfrac{1}{2}p$$

$$x < V(q + \tfrac{1}{4}p^2) + \tfrac{1}{2}p$$

Sunt adeo limites $V(r:p + q^2:4p^2) - q:2p$ & $V(q + \frac{1}{4}p^2) + \frac{1}{2}p$.

Sit $x^4 - qx^2 - rx - s = 0$

erit $x^4 - qx^2 = rx + s$

Ergo $x^4 > qx^2$

$$x^2 > q$$
$$x > Vq$$

Similiter $x^4 - rx = qx^2 + s$

ergo $x^3 > r$

$$x > r^{1:3}$$

Tandem $x^4 - s = qx^2 + rx$

$$x^4 > s$$
$$x > s^{1:4}$$

$$x^3 > s^{3:4}$$
$$x^3 s^{1:4} > s$$

Similiter $x > q^{1:2}$ $\quad x > r^{1:3}$

$xq^{1:2} > q$ $\quad x^2 > r^{2:3}$

$x^3 q^{1:2}$

$$x^3 q^{1:2} > qx^2 \qquad x^2 r^{1:3} > r$$
$$x^3 r^{1:3} > rx$$

Ergo ob $x^4 = qx^2 + rx + s$

$$x^4 > x^3 q^{1:2} + x^3 r^{1:3} + x^3 s^{1:4}$$

$$x > q^{1:2} + r^{1:3} + s^{1:4}$$

Sunt adeo limites Vq vel $r^{1:3}$ & $q^{1:2} + r^{1:3} + s^{1:4}$.

Eodem modo operandum eſt in caſibus aliis.

SCHOLION.

357. *In æquatione* $x^3 - 3x^2 - 10x + 24 = 0$ *factores termini ultimi ſunt* 1. 2. 3. 4. 6. 8. 12. 24. *Limites reperiuntur* $V(\frac{24}{3} + \frac{25}{9}) - \frac{5}{3} = V\frac{97}{9} - \frac{5}{3} = \frac{98 - 50}{30} = \frac{38}{30} = 1\frac{1}{4}$ *fere &* $V(10 + \frac{9}{4}) + \frac{3}{2} = V\frac{49}{4} + \frac{3}{2} = \frac{7}{2} + \frac{3}{2} = \frac{10}{2} = 5$. *Maxima igitur radicum non poteſt eſſe minor quam* $1\frac{1}{4}$ *debet tamen eſſe minor quam* 5. *Unde apparet diviſionem tentandam eſſe per* $x - 2$. *Quo facto reperitur* $x = 2$ *& æquatio reducitur ad quadraticam* $x^2 - x - 12 = 0$ (§. 351). *Unde radix vera altera* $= \frac{1}{2} + \frac{1}{2}V37$ (§. 143) *& radix falſa* $\frac{1}{2} - \frac{1}{2}V37$.

PROBLEMA 168.

358. ***Ex æquatione cubica radicem extrahere.***

Æquationes cubicæ, ſublato ſecundo termino, ad hos tres caſus reducantur (§. 345)

$$x^3 = +px + q$$
$$x^3 = -px + q$$
$$x^3 = +px - q$$

Fiat $x = y + z$

erit $x^3 = y^3 + 3y^2 z + 3z^2 y + z^3$

$px = py + pz$

Quamobrem in caſu primo

$y^3 + 3y^2 z + 3z^2 y + z^3 = py + pz + q$.

Fiat $3y^2 z + 3z^2 y = + py + pz$ $\qquad : y + z$

erit $3yz = p$ $\qquad : 3y$

$z = p : 3y$

Erit porro $y^3 + z^3 = q$

hoc eſt $y^3 + p^3 : 27y^3 = q$ $\qquad \cdot\, y^3$.

$$y^6 + \tfrac{1}{27}p^3 = qy^3$$

$$y^6 - qy^3 = -\tfrac{1}{27}p^3$$
$$\tfrac{1}{4}q^2 \qquad \tfrac{1}{4}q^2$$

$$y^6 - qy^3 + \tfrac{1}{4}q^2 = \tfrac{1}{4}q^2 - \tfrac{1}{27}p^3.$$

$$y^3 - \tfrac{1}{2}q = V(\tfrac{1}{4}q^2 - \tfrac{1}{27}p^3)$$
$$\tfrac{1}{2}q - y^3 =$$

$$y^3 = \tfrac{1}{2}q \pm V(\tfrac{1}{4}q^2 - \tfrac{1}{27}p^3)$$

$$y = (\tfrac{1}{2}q \pm V(\tfrac{1}{4}q^2 - \tfrac{1}{27}p^3))^{1:3}$$

Eſt

Digitized by Google

Eſt nempe $y=\sqrt[3]{(\frac{1}{2}q+\sqrt{(\frac{1}{4}q^2-\frac{1}{27}p^3)})}$ & $z=\sqrt[3]{(\frac{1}{2}q-\sqrt{(\frac{1}{4}q^2-\frac{1}{27}p^3)})}$.

Ergo $y+z=x=\sqrt[3]{(\frac{1}{2}q+\sqrt{(\frac{1}{4}q^2-\frac{1}{27}p^3)})}+\sqrt[3]{(\frac{1}{2}q-\sqrt{(\frac{1}{4}q^2-\frac{1}{27}p^3)})}$.

Eodem modo reperitur radix in caſu altero $\sqrt[3]{(\frac{1}{2}q+\sqrt{(\frac{1}{4}q^2+\frac{1}{27}p^3)})}+\sqrt[3]{(\frac{1}{2}q-\sqrt{(\frac{1}{4}q^2+\frac{1}{27}p^3)})}$.

Denique in caſu tertio $x=\sqrt[3]{(-\frac{1}{2}q+\sqrt{(\frac{1}{4}q^2-\frac{1}{27}p^3)})}+\sqrt[3]{(-\frac{1}{2}q-\sqrt{(\frac{1}{4}q^2-\frac{1}{27}p^3)})}$.

E. gr. Sit $x^3=6x+40$: erit $p=6$, $q=40$, adeoque $\frac{1}{2}q=20$, $\frac{1}{4}q^2=400$, $\frac{1}{3}p=2$, $\frac{1}{27}p^3=8$, conſequenter $\frac{1}{4}q^2-\frac{1}{27}p^3=392$ & $\sqrt{(\frac{1}{4}q^2-\frac{1}{27}p^3)}=\sqrt{392}=\sqrt{2.196}=14\sqrt{2}$. Unde $\frac{1}{2}q+\sqrt{(\frac{1}{4}q^2-\frac{1}{27}p^3)}=20+14\sqrt{2}$, adeoque $\sqrt[3]{(\frac{1}{2}q+\sqrt{(\frac{1}{4}q^2-\frac{1}{27}p^3)})}=2+\sqrt{2}$. Quare per regulam primam $x=2+\sqrt{2}+2-\sqrt{2}=4$.

Sit $x^3=-3x+36$. Quia $p=3$, $q=36$, adeoque $\frac{1}{2}q=18$, $\frac{1}{4}q^2=324$, $\frac{1}{3}p=1$, $\frac{1}{27}p^3=1$, conſequenter $\frac{1}{4}q^2+\frac{1}{27}p^3=325=\frac{1300}{4}$ & $\sqrt{(\frac{1}{4}q^2+\frac{1}{27}p^3)}=10\sqrt{\frac{13}{4}}=\frac{40}{4}\sqrt{3\frac{1}{4}}$. Unde $\frac{1}{2}q+\sqrt{(\frac{1}{4}q^2+\frac{1}{27}p^3)}=18+\frac{40}{4}\sqrt{3\frac{1}{4}}$, adeoque $\sqrt[3]{(\frac{1}{2}q+\sqrt{(\frac{1}{4}q^2-\frac{1}{27}p^3)})}=\frac{3}{2}+\sqrt{3\frac{1}{4}}$. Quare per regulam ſecundam $x=\frac{3}{2}+\sqrt{3\frac{1}{4}}+\frac{3}{2}-\sqrt{3\frac{1}{4}}=3$.

Sit $x^3=6x-40$. Quoniam $p=6$, $q=40$, eodem modo, quo in caſu primo, reperitur $\sqrt[3]{(\frac{1}{2}q+\sqrt{(\frac{1}{4}q^2-\frac{1}{27}p^3)})}=-2+\sqrt{2}$, adeoque $x=-2+\sqrt{2}-2-\sqrt{2}=-4$.

SCHOLION.

359. *Equidem ex* $20+\sqrt{392}$ *radix cubica extrahitur per regulas communes* (§. 282 Arithm.): *ut tamen appareat, quomodo radix inveniri poſſit, ſi regulæ communes commode applicari nequeant, methodum generalem apponere libet, qua & in aliis caſibus ſimilibus utendum. Ceterum formulas illas extrahendi radicem ex æquatione cubica* (§. 358) Cardani *regulas vocat* Carteſius (g), *quia eas primus publicavit: ipſe enim* Cardanus *inventionis laudem* Scipioni Ferreo *tribuit.*

PROBLEMA 169.

360. *Extrahere radicem deſideratam ex quantitate irrationali compoſita.*

Sit ex binomio $3+\sqrt{8}$ extrahenda radix quadrata. Ponamus eam eſſe $x+\sqrt{y}$, erit $x^2+2x\sqrt{y}+y=3+\sqrt{8}$.

 Fiat

(g) Geom. lib. 3. p. m. 93 & 94.

Fiat $x^2+y=3$ $\quad 2x\sqrt{y}=\sqrt{8}$

erit $x^4+2x^2y+y^2=9$ $\quad 4x^2y=8$

$4x^2y=8$

$x^4-2x^2y+y^2=1$

$x^2-y=1$

$x^2=y+1$

Eſt vero etiam, ob $x^2+y=3$, $x^2=3-y$

Quare $3-y=y+1$

$3=2y+1$

$2=2y$

$1=y$

Ergo $x^2=y+1$

$=2$

$x=\sqrt{2}$

Eſt ergo $x+\sqrt{y}=\sqrt{(3+\sqrt{8})}$ $=1+\sqrt{2}$.

Sit ſimiliter in problemate præcedente ex $20+\sqrt{392}$ extrahenda radix cubica. Ponamus radicem eſſe $x+\sqrt{y}$, erit ejus cubus

$x^3+3x^2\sqrt{y}+3xy+\sqrt{y^3}=20+\sqrt{392}$

Fiat $3x^2\sqrt{y}+\sqrt{y^3}=\sqrt{392}$

erit $9x^4y+6x^2y^2+y^3=392$

Porro $x^3+3xy=20$

$x^6+6x^4y+9x^2y^2=400$

$9x^4y+6x^2y^2+y^3=392$ ſubtr.

$x^6-3x^4y+3x^2y^2-y^3=8$

$x^2-y=2$

$x^2-2=y$

Subſtituto valore ipſius y in æquatione:

$x^3+3xy=20$

erit $x^3+3x^3-6x=20$

hoc eſt $4x^3-6x=20$ $\quad 4$

$x^3 * -\frac{6}{4}x=5$

1 2 4 8 (§. 337).

$z^3 * -6z=40$

Si pro z ſubſtituatur 4; erit $64-24=40$. Eſt ergo 4 radix hujus æquationis (§. 351), conſequenter $x=z:2=2$. Quare cum ſit

$x^2-2=y$

erit $4-2=y$

$2=y$

Eſt ergo radix cubica ex $20+\sqrt{392}$ extracta $2+\sqrt{2}$.

Eodem modo operandum eſt in caſibus aliis.

PRO-

PROBLEMA 170.

361. *Æquationem biquadraticam, in qua ſecundus terminus deficit, reducere ad cubicam.*

Sit æquatio biquadratica $x^4 + qx^2 + rx + ſ = 0$, ubi retinetur in omnibus terminis ſignum $+$, ut omnes caſus repræſententur. Cum æquatio biquadratica ex multiplicatione duarum quadraticarum oriatur (§. 329); aſſumantur duæ quadraticæ $x^2 + yx + z = 0$ & $x^2 - yx + v = 0$, quæ in ſe invicem ductæ generabunt

$$\begin{array}{l} x^4 * + zx^2 + yvx + vz = 0 \\ \quad + vx^2 - yzx \\ \quad - y^2x^2 \end{array}$$

Quoniam hæc æquatio eadem ſupponitur cum propoſita; erit

$$\begin{array}{lll} z + v - y^2 = q & yv - yz = r & vz = ſ \\ q + y^2 = z + v & v - z = r:y & \\ q + y^2 - v = z & v - q - y^2 + v = r:y & \\ & 2v = q + y^2 + r:y & \\ & v = \frac{q + y^2 + r:y}{2} & \end{array}$$

Subſtituatur valor ipſius v in æquatione $q + y^2 - v = z$, erit

$$\frac{2q + 2y^2 - q - y^2 - r:y}{2} = z, \text{ hoc eſt,}$$

$$\frac{q + y^2 - r:y}{2} = z$$

Ergo $vz = \left(\frac{q + y^2 + r:y}{2}\right)\left(\frac{q + y^2 - r:y}{2}\right) =$

$$\frac{q^2 + 2qy^2 + y^4 - r^2:y^2}{4} = ſ$$

$$\overline{q^2y^2 + 2qy^4 + y^6 - r^2 = 4ſy^2}\;4y^2$$

$$\begin{array}{l} y^6 + 2qy^4 + q^2y^2 - r^2 = 0 \\ \qquad\qquad - 4ſy^2 \end{array}$$

Fiat $y^2 = t$, erit

$$\begin{array}{l} t^3 + 2qt^2 + q^2t - r^2 = 0. \\ \qquad\qquad - 4ſt \end{array}$$

PROBLEMA 171.

362. *Ex æquatione biquadratica radicem extrahere.*

I. Si æquatio fuerit pura, e. gr. $x^4 = a^2bc$: extrahatur primum radix quadrata, ut habeatur $x^2 = a\sqrt{bc}$ & hinc denuo educatur radix quadrata. Reperietur $x = \sqrt{(a\sqrt{bc})}$

E. gr. Sit $x^4 = 32$; erit $x^2 = \sqrt{32} = 4\sqrt{2}$, adeoque $x = 2\sqrt{2}$.

II. Si æquatio fuerit affecta

1. Tollatur ſecundus terminus, ſi adfuerit (§. 343).
2. Reducatur æquatio ad cubicam (§. 361).
3. Inde extrahatur radix cubica (§. 358).
4. Hac data ex æquationibus, quarum ope biquadraticam ad cubicam reduximus, radices æquationis propoſitæ erui poſſunt.

E. gr. Sit $x^4-86x^2+600x-851=0$; erit $q=-86$, $r=600$, $ſ=-851$. Jam cum æquatio cubica, ad quam ea reducenda, ſit $t^3+2qt^2+q^2t-r^2=0$: ſi in ea ſubſtituan-
$-4ſt$
tur valores quantitatum q, r, $ſ$, prodibit

$$t^3-172t^2+10800t-360000=0$$

Hæc æquatio cum ſit per $t-100$ diviſibilis (§. 351); erit $t=100$, adeoque in problemate præcedente $y^2=100$ & hinc $y=10$.

Hoc valore ſubſtituto in æquatione $\frac{q+y^2-r:y}{2}=z$; reperitur $z=\frac{-86+100-600:10}{2}=-\frac{46}{2}=-23$:

Eodem valore ipſius y ſubſtituto in æquatione $v=\frac{q+y^2+r:y}{2}$; invenitur $v=\frac{-86+100+600:10}{2}=\frac{74}{2}=37$. Tandem valores quantitatum y, z & v ſubſtituendi ſunt in æquationibus quadraticis $x^2+yx+z=0$ & $x^2-yx+v=0$ & habebimus:

I. $x^2+10x-23=0$

$$x^2+10x=23$$
$$25 \quad 25$$
$$x^2+10x+25=48$$
$$x+5=\sqrt{48}=4\sqrt{3}$$
$$x=4\sqrt{3}-5$$

II. $x^2-10x+37=0$

$$x^2-10x=-37$$
$$25 \quad 25$$
$$x^2-10x+25=-12$$
$$x-5=\sqrt{-12}=2\sqrt{-3}$$
$$5-x=$$
$$x=5\pm2\sqrt{-3}$$

Sunt

Sunt ergo radices æquationis propoſitæ $4\sqrt{3}-5$, $5+2\sqrt{-3}$ & $5-2\sqrt{-3}$.

PROBLEMA 172.

363. *Ex æquatione quacunque extrahere radicem per approximationem.*

Quamvis æquationum quadraticarum radices ſurdæ extrahi poſſint (§. 143), nec difficile ſit inde ulterius radicem prope veram in fractionibus decimalibus elicere (§. 273 *Arithm.*): quoniam tamen methodus, quam nunc explicare intendimus, univerſalis eſt, ab exemplo facillimo æquationis quadraticæ ut ordiamur, conſultum ducimus

Sit $x^2-5x-31=0$. Quoniam $x < 5+\sqrt{31}$ & $> \sqrt{56}$, ſive $x < 10+$ & $> 7+$ (§. 354): ponamus radicem eſſe $8+y$, ita ut y denotet fractionem, qua numerus aſſumtus radicem vel excedit, vel ab ea deficit: erit

$$x^2=64+16y+y^2$$
$$-5x=-40-5y$$
$$-31=-31$$
$$\overline{-7+11y+y^2=0}$$

Quoniam fractionum potentiæ continuo decreſcunt & radix tantum deſideratur prope vera, y^2 abjicitur: quo facto erit

$$-7+11y=0$$
$$\overline{y=\tfrac{7}{11}=\tfrac{6}{10}\text{ fere}=0.6}$$

Ergo $x=8+0.6=8.6$

Ponamus $x=8.6+y$: erit

$$x^2=\tfrac{7396}{100}+\tfrac{172}{10}y+y^2$$
$$-5x=-\tfrac{430}{10}-5y$$
$$-31=-31$$
$$\overline{\tfrac{7396}{100}-\tfrac{430}{10}-31+\tfrac{172}{10}y-5y=0}$$

hoc eſt, reductione ad eandem denominationem facta, (quod in gratiam tyronum ſemel hic exhibere placuit)

$$7396-4300-3100+(1720-500)y=0$$
$$\overline{-0.04+1220y=0}$$
$$\overline{1220y=0.04}$$
$$\overline{y=004:1220=0.0032}$$

Ergo $x=8.6000+0.0032=8.6032$.

Ponamus $x=8.6032+y$, erit

$$x^2=7401505024+1720640000\,y+y^2$$
$$-5x=-4301600000-500000000y$$
$$-31=-3100000000$$
$$\overline{-0.000094976+1220640000y=0}$$
$$\overline{y=0.000094976:1220640000}$$
$$=0.0000077808.$$

Ergo $x = 8.6032000000 + 0.0000077808 = 8.6032077808$.

Sit ſimiliter ex æquatione cubica $x^3 + 2x^2 - 23x - 70 = 0$ extrahenda radix per approximationem. Ponamus denuo radicem eſſe $5 + y$ (numerus 5 aſſumitur vi limitum æquationis (§.354)): quoniam termini, in quibus eſt y^2 & y^3, omittuntur; non opus eſt, ut in transformatione æquationis exprimantur. Reperitur adeo

$$\begin{aligned} x^3 &= 125 + 75y \ldots \\ +2x^2 &= 50 + 20y \ldots \\ -23x &= 115 - 23y \\ -70 &= -70 \\ \hline & -10 + 72y = 0 \\ \hline y &= -\tfrac{10}{72} = 0.1 \end{aligned}$$

Ergo $x = 5 + 0.1 = 5.1$

Ponamus $x = 5.1 + y$: erit

$$\begin{aligned} x^3 &= 132651 + 78030y \ldots \\ +2x^2 &= 52020 + 20400y \\ -23x &= -117300 - 23000y \\ -70 &= -70.000 \\ \hline & -2629 + 75430y = 0 \\ \hline 75430y &= 2629 \\ \hline y &= 2629 : 75430 = 0.0349 \end{aligned}$$

Ergo $x = 5.1 + 0.0349 = 5.1349$

Eodem modo progredi licet, quouſque libuerit.

Nec difficile eſt eadem methodo regulam generalem inveſtigare. Sit nempe $x^m + ax^{m-1} + bx^{m-2} + cx^{m-3} + dx^{m-4} + ex^{m-5}$ &c. $+ f = 0$. Ponamus eſſe $x = p + y$; erit

$$x^m = t^m + mt^{m-1}y + \frac{m.m-1}{2}t^{m-2}y^2 \ldots$$

$$+ax^{m-1} = at^{m-1} + m-1.at^{m-2}y + \frac{m-1.m-2}{2}at^{m-3}y^2 \ldots$$

$$+bx^{m-2} = bt^{m-2} + m-2.bt^{m-3}y + \frac{m-2.m-3}{2}bt^{m-4}y^2 \ldots$$

$$+cx^{m-3} = ct^{m-3} + m-3.ct^{m-4}y + \frac{m-3.m-4}{2}ct^{m-5}y^2 \ldots$$

&c. &c.

$+f = +f$.

Fiat $t^m + at^{m-1} + bt^{m-2} + ct^{m-3}$ &c. $= p$, $mt^{m-1} + \frac{m-1}{1}at^{m-2} + \frac{m-2}{1}bt^{m-3} + \frac{m-3}{1}ct^{m-4}$ &c. $= q$ & $\frac{m.m-1}{2}t^{m-2} + \frac{m-1.m-2}{2}at^{m-3}$

$+ m-2$

$+\frac{m-2\,m-3}{2}bt^{m-4}+\frac{m-4.m-5}{2}ct^{m-5}$&c.$=r$. Quoniam termini, in quiqus y ad plures dimenſiones aſcendit, ob parvitatem abjiciuntur, erit

$$p+qy+ry^2=0$$

Fiat ut in exemplis ſpecialibus

$$p+qy=0$$

erit $qy=-p$

$$y=-p:q$$

In applicatione regulæ hujus generalis eadem calculi inſtauratione opus eſt, qua in exemplis ſpecialibus paulo ante uſi ſumus.

Quodſi vero regula deſideretur, quæ celerius appropinquat, ex æquatione prima hunc in modum eruitur.

Quoniam $p+qy+ry^2=0$

erit $qy+ry^2=-p$ $\quad (:q+ry)$

$$y=-p:(q+ry)$$

Sed $y=-p:q$, per regulam priorem.

Ergo $y=-p:(q-\frac{pr}{q})=-pq:(q^2-pr)$.

Vel quia $p+qy+ry^2=0$

erit $qy+ry^2=-p$ $\quad (:r)$

$$qy:r+y^2=-p:r$$

$$q^2:4r^2+qy:r+y^2=q^2:4r^2-p:r$$

$$q:2r+y=V(\tfrac{1}{4}q^2-pr):r$$

Habetur adeo x, ſi valor ipſius y adjiciatur valori t, ſigno vel poſitivo, vel privativo, prout repertus fuerit.

SCHOLION.

364. *Duas regulas poſteriores methodo ab hac diverſa inveſtigavit celeberrimus* Hallejus (h), *& eandem aliquot exemplis illuſtravit. Quamvis vero uſus earum ex ante allatis exemplis manifeſtus eſſe videatur; non inconſultum tamen judicamus, ut unum apponamus.*

Sit $\underset{a}{x^3+438}x^2-\underset{b}{7825}x-\underset{f}{98508430}=0$. Fiat $x=t+y=300+y$; erit

$$x^3=27000000+270000y+900y^2+y^3$$
$$+ax^2=39420000+262800y+438y^2$$
$$-bx=-2347500-7825y$$
$$-f=-98508430$$

$$-34435930+524975y+1338y^2=0$$

Eſt itaque $p=-34415930$, adeoque $-p=34435930$, $q=524975$, $r=1338$. Quare $y=-p:(q-pr:q)=34435930:(524975+46075274340:$

524

(h) In Tranſact. Anglican. n. 210, p. 136.

$324975) = 344359310 : 612741 = 56$, conſequenter $x = 300 + 56 = 356$.

Fiat jam $x = 356 + y$; erit

$$\begin{aligned}
x^3 &= 45118016 + 380208y + 1068y^2 + y^3 \\
+ax^2 &= 55510368 + 311856y + 438y^2 \\
-bx &= -2785700 - 7825y \\
-f &= -98508430 \\
\hline
& -665746 + 684239y + 1506y^2 = 0.
\end{aligned}$$

Eſt itaque $p = -665746$, $q = 684239$, $r = 1506$. Quare $y = -p : (q - pr : q) = 665746 : (684239 + 1002613476 : 684239) = 6657460 : 685704 = 0.9708$, conſequenter $x = 356 + 0.9708 = 356.9708$.

Per regulam irrationalem radix in pluribus notis per duas operationes inveniri poteſt, quia rationali accuratior. Poſſunt quoque plures notæ inveniri per rationalem, ſi operatio continuetur.

COROLLARIUM.

365. Si $x^m - f = 0$ & fiat $x = t + y$; erit $x^m - f = t^m + mt^{m-1}y + \frac{m.m-1}{2}t^{m-2}y^2$ &c. $-f$. Unde ſi fiat $t^m + mt^{m-1}y - f = 0$, erit $y = f - t^m : mt^{m-1}$.

Quæ eſt regula per approximationem extrahendi radicem ex quavis æquatione pura. Si accuratior deſideretur, fiat ut ante $t^m = p$, $mt^{m-1} = q$, $\frac{m.m-1}{2}t^{m-2} = r$; reperietur ut in problemate $y = -p : (q - pr : q)$. Unde apparet, eandem regulam inſervire radicum extractioni tum ex æquationibus puris, tum ex affectis.

PROBLEMA 173.

366. *Ex ſerie infinita radicem extrahere.*

Sit $v = ax + bx^2 + cx^3 + dx^4 + ex^5$ &c.

Fiat $x = hv + iv^2 + kv^3 + lv^4 + mv^5 + nv^6$ &c. erit (§. 95).

$$\begin{aligned}
x^2 &= h^2v^2 + 2hiv^3 + i^2v^4 + 2ikv^5 + k^2v^6 \\
&\qquad + 2hkv^4 + 2hlv^5 + 2ilv^6 \\
&\qquad + 2hmv^6 \\
x^3 &= h^3v^3 + 3h^2iv^4 + 3hi^2v^5 + i^3v^6 \text{ \&c.} \\
&\qquad + 3h^2kv^5 + 3h^2lv^6 \\
&\qquad + 6hikv^6 \\
x^4 &= h^4v^4 + 4h^3iv^5 + 6h^2i^2v^6 \\
&\qquad + 4h^3kv^6 \\
x^5 &= h^5v^5 + 5h^4iv^6 \\
x^6 &= h^6v^6
\end{aligned}$$

Subſtituantur valores modo inventi in æquatione $0 = -u + ax + bx^2 + cx^3 + dx^4 + ex^5 + fx^6$ &c. erit

$-u =$

$-u=-v$							
$+ax=$	$+abv$	$+aiv^2$	$+akv^3$	$+alv^4$	$+amv^5$	$+anv^6$	&c.
$+bx^2=$		$+bh^2..$	$+2bhi..$	$+bi^2..$	$+2bik..$	$+bk^2$	
				$+2bhk..$	$+2bhl..$	$+2bil$	
						$+2bhm..$	
$+cx^3=$			$+ch^3..$	$+3ch^2i..$	$+3chi^2..$	$+lci^3..$	
					$+3ch^2k..$	$+3ch^2l$	
						$+6chik$	
$+dx^4=$				$+dh^4..$	$+4dh^3i..$	$+6dh^2i^2..$	
						$+4dh^3k..$	
$+ex^5=$					$+eh^5..$	$+5eh^4i..$	
$+fx^6=$						$+fh^6..$	

Jam cum æquatio ponatur nihilo æqualis, propterea quod v ſubducitur ex altero æquationis membro ipſi æquali; omnes terminos $v, v^2, v^3, v^4, v^5, v^6$ &c. in nihilum ductos concipere licet.

Fiat ergo in hac æquatione cujuslibet termini coëfficiens nihilo æqualis, erit

$$ab-1=0 \qquad ai+bh^2=0$$

$$h=1:a \qquad i=-bh^2:a$$

$$i=-b:a^3$$

$$ak+2bhi+ch^3=0$$

$$k=(-2bhi-ch^3):a$$

$$k=(+2b^2-ac):a^5$$

$$al+bi^2+2bhk+3ch^2i+dh^4=0$$

$$l=(-bi^2-2bhk-3ch^2i-dh^4):a$$

conſequenter ob

$$bi^2=b^3:a^6 \qquad 2bhk=(4b^3-2abc):a^6$$

$$3ch^2i=-3bc:a^5 \qquad dh^4=d:a^4$$

$$l=-b^3:a^7-4b^3:a^7+2abc:a^7+3bc:a^6-d:a^5$$

$$l=(5abc-5b^3-a^2d):a^7$$

$$am+2bik+2bhl+3chi^2+3ch^2k+4dh^3i+eh^5=0$$

Ergo ob

$$2bik=(-4b^4+2abc):a^8 \qquad 3ch^2k=(6b^2c-3ac^2):a^7$$

$$2bhl=(10ab^2c-10b^4-2a^2bd):a^8 \qquad 4dh^3i=-4bd:a^6$$

$$3chi^2=3b^2c:a^7 \qquad eh^5=e:a^5$$

$$m=(14b^4-21ab^2c+6a^2bd+3a^2c^2-a^3e):a^9$$

Eodem modo reperitur $n=(-42b^5+84ab^3c-28a^2bc^2-28a^2b^2d+7a^3cd+7a^3be-a^4f):a^{11}$ & ita porro.

Kkk Quodſi

Quodſi tandem in æquatione aſſumta $x = hv + iv^2 + kv^3 + lv^4 + mv^5 + nv^6$ &c. valores inventi coëfficientium h, i, k, l, m, n &c. ſubſtituantur, prodibit radix quæſita

$$x = \frac{v}{a} - \frac{bv^2}{a^3} + \frac{2b^2 - ac}{a^5}v^3 + \frac{5abc - 5b^3 + a^2d}{a^7}v^4 + \frac{14b^4 + 6a^2bd - 21ab^2c + 3a^2c^2 - a^3c}{a^9}v^5 \text{ \&c. in infinit.}$$

CAP. VI.

DE ALGEBRA AD GEOMETRIAM SUBLIMIOREM APPLICATA.

DEFINITIO 20.

367. PEr *Geometriam ſublimiorem* intelligo eam Geometriæ partem, quæ de lineis curvis & ſolidis inde genitis tractat.

DEFINITIO 21.

368. *Diameter* curvæ eſt recta AD rectas MM inter ſe parallelas bifariam ſecans in P. In ſpecie *Axis* vocatur, ſi rectas æquidiſtantes ad angulos rectos ſecet. Tab. III. Fig. 36.

DEFINITIO 22.

369. *Vertex Curvæ* eſt punctum A, ex quo ducitur diameter.

DEFINITIO 23.

370. *Ordinatim applicatæ* ſunt lineæ æquidiſtantes MM, quæ a diametro bifariam ſecantur. Earum dimidiæ PM vocantur *ſemiordinatæ*. Vocantur etiam *Semiordinatæ* lineæ QM, QM ex punctis curvæ M, M ad lineam AT poſitione datam ductæ ac inter ſe parallelæ. Tab. V. Fig. 60.

DEFINITIO 24.

371. *Abſciſſa* AP eſt pars diametri vel alterius lineæ, ad quam curvæ refertur inter verticem aut aliud punctum fixum & ſemiordinatam PM intercepta. Quidam *ſagittam* vocant. Tab. III. Fig. 36.

SCHOLION.

372. *Abſciſſæ nimirum a quovis puncto in linea poſitione data computari poſſunt,* ad

ad quam referuntur puncta curvæ, quemadmodum ex ſubſequentibus patebit.

DEFINITIO 25.

Tab. III. Fig. 37. 373. *Diameter transverſa* AB eſt recta, quæ utrinque intra curvas continuata rectas intra eaſdem æquidiſtantes MM bifariam ſecat.

DEFINITIO 26.

374. *Diameter conjugata* eſt recta, quæ alteri diametro æquidiſtantes bifariam ſecat.

DEFINITIO 27.

375. *Quantitates variabiles* ſunt, quæ creſcentibus aliis vel decreſcentibus aut creſcunt, aut decreſcunt. E. gr. ſemiordinata PM & abſciſſa AP circuli ſunt quantitates variabiles: una enim creſcente creſcit etiam altera. *Quantitates conſtantes* ſunt, quæ creſcentibus aliis vel decreſcentibus eædem manent. Ita ſemidiameter circuli AC eſt quantitas conſtans: creſcentibus enim abſciſſis & ſemiordinatis AP & PM ſemper eadem manet. (Tab. III. Fig. 38.)

HYPOTHESIS 8.

376. *Quantitates conſtantes primis alphabeti litteris indigitentur* a, b, c, &c. *variabiles vero ultimis* z, y, x, &c. *Speciatim* x *abſciſſam*, y *ſemiordinatam denotet, niſi aliud expreſſe moneatur.*

DEFINITIO 28.

377. *Curva Algebraica* eſt, in qua relatio abſciſſarum AP ad ſemiordinatas per æquationem algebraicam explicari poteſt. Sit e. gr. in circulo $AB = a$, $AP = x$, $PM = y$, erit $PB = a - x$, conſequenter ob $PM^2 = AP . PB$ (§. 327. 377 *Geom.*), $y^2 = ax - x^2$. Vel ſit $PC = x$, $AC = a$, $PM = y$; erit (§. 417 *Geom.*) $MC^2 - PC^2 = PM^2$, hoc eſt, $a^2 - x^2 = y^2$. Tab. III. Fig. 36. Tab. III. Fig. 38.

SCHOLION 1.

378. *Dicuntur æquationes algebraicæ, quæ determinati ſunt gradus, ita ut æquatio ſemper eadem maneat in ſingulis punctis curvæ.*

SCHOLION 2.

379. *Vulgo cum* Carteſio (g) *lineas algebraicas* Geometricas *vocant, quod eas tantum ad conſtruenda problemata admittant, adeoque in Geometriam recipiant. Aliter vero nobis videtur, non refragantibus ſummis in re Geometrica arbitris* Leibnitio *atque* Nevvtono (h).

DEFINITIO 29.

380. *Curva tranſcendens* eſt, quæ per æquationem algebraicam definiri nequit.

SCHOLION.

381. *Curvæ tranſcendentes ab aliis* Carteſii *exemplo dicuntur* mechanicæ *& ex Geometria ejiciuntur, aliter ſen-*

(g) lib. 2. p. m. 17. & ſeq.
(h) Act. Erudit. Lip. A. 1708. p. 526.

tientibus viris ſummis Leibnitio *atque* Nevvtono. *Invenit quoque* Leibnitius *novam æquationum tranſcendentium genus, quibus curvæ tranſcendentes definiuntur & quæ ſunt gradus indefiniti, hoc eſt, non conſtanter eadem in omnibus curvæ punctis* (i)

DEFINITIO 30.

382. *Curvæ algebraicæ ejusdem generis* ſunt, quarum æquationes ad eandem dimenſionem aſſurgunt. Cum vero ſola æquatio, quæ rectam definit, unius dimenſionis eſſe poſſit, *Curva primi generis* vocatur, in qua æquatio ad duas dimenſiones aſſurgit; ſi ad tres, *curva ſecundi generis*; ſi ad quatuor, *curva tertii generis* &c. E. gr. æquatio pro circulo eſt $y^2 = ax - x^2$, vel etiam $a^2 - x^2 = y^2$ (§. 377). Eſt ergo circulus curva primi generis. Similiter curva primi generis eſt, quæ definitur per æquationem $ax = y^2$. Sed curva ſecundi generis eſt, quam definit æquatio $a^2x = y^3$.

DEFINITIO 31.

383. *Familia curvarum* vocatur plurium curvarum diverſi generis congeries, quæ omnes per eandem æquationem indeterminati gradus, ſed pro diverſitate generis diverſimode explicandi definiuntur. E. gr. Sit æquatio indeterminati gradus $a^{m-1}x = y^m$. Si $m = 2$, erit $ax = y^2$. Si $m = 3$, erit $a^2x = y^3$; ſi $m = 4$, erit $a^3x = y^4$ &c. in infinitum. Omnes iſtæ curvæ dicuntur ejusdem familiæ.

SCHOLION.

384. *Æquationes, per quas curvarum familiæ definiuntur, cum tranſcendentibus non ſunt confundendæ. Licet enim intuitu totius familiæ ſint gradus indeterminati; cujuslibet tamen ex familia curvæ reſpectu gradum determinatum habent, cum æquationes tranſcendentes reſpectu ejusdem curvæ indefiniti gradus exiſtant* (§. 381).

COROLLARIUM.

385. Omnes adeo curvæ algebraicæ familiam quandam componunt, ex innumeris aliis conſtantem, quarum una quælibet infinita genera complectitur. Cum enim æquationes, per quas curvæ definiuntur, ingrediantur facta vel ex potentiis abſciſſarum & ſemiordinatarum in coëfficientes datos, vel ex potentiis abſciſſarum in potentias ſemiordinatarum, vel ex meris quantitatibus datis, omnes vero æquationes nihilo æquales fieri poſſint (e. gr. ſi $ax = y^2$, erit $ax - y^2 = 0$); æquatio pro omnibus curvis algebraicis erit $ay^m + bx^n + cy^r x^s + df = 0$. Signum + in omnibus terminis retinetur, quia in caſibus ſingularibus infinitæ variationes occurrere poſſunt. Et, ſi plures potentiæ ejusdem indeterminatæ quantitatis, v. gr. x occurrunt, coëfficiens termini in formula, v. gr. b explicatur per omnes ejus

(i) Act. Erudit. Lipſ. A. 1684. p. 234. 235.

ejus coëfficientes & exponens dignitatis v. gr. n per omnes dignitatum exponentes.

DEFINITIO 32.

386. *Sectiones conicæ* ſunt lineæ curvæ, quæ ex coni ſectione oriuntur.

SCHOLION.

387. *Sectiones conicæ præter circulum ſunt tres* Parabola, Hyperbola *&* Ellipſis. *Nos præcipuas earum proprietates, quæ ſcilicet frequentioris ſunt uſus, ex æquationibus eas definientibus per calculum algebraicum eruemus, quia nobis propoſitum eſt, Algebræ ad Geometriam ſublimiorem applicationem exemplis docere, licet non diffiteamur, communes earum proprietates una eademque opera demonſtrari, ſi in ſolido ſeu in cono, ex quo ſecantur, conſiderentur.*

DEFINITIO 33.

388. *Parabola* eſt curva, in qua $ax = y^2$, hoc eſt, quadratum ſemiordinatæ æquatur rectangulo ex abſciſſa in rectam conſtantem, quæ axis *Parameter*, ab aliis *Latus rectum* dicitur.

SCHOLION.

389. *Hanc proprietatem parabolæ competere aſſumimus reſpectu axis: quod vero etiam ipſi competere debeat reſpectu cujuslibet diametri, inferius demonſtrabitur.*

COROLLARIUM 1.

390. Eſt ergo parabola curva primi generis & creſcentibus abſciſſis creſcunt ſemiordinatæ, conſequenter curva in ſe non redit.

COROLLARIUM 2.

391. Et in ea $x = y^2 : a$ atque $a = y^2 : x$, hoc eſt, abſciſſa eſt tertia proportionalis ad parametrum & ſemiordinatam, parameter vero tertia proportionalis ad abſciſſam & ſemiordinatam.

COROLLARIUM 3.

392. Porro $\sqrt{ax} = y$, hoc eſt, ſemiordinata eſt media proportionalis inter parametrum & abſciſſam.

COROLLARIUM 4.

393. Data itaque parametro AB deſcribi poteſt parabola. Continuetur enim parameter AB in C & in B erigatur perpendicularis infra lineam AC continuanda in N. Ex centris ad libitum aſſumtis circino usque ad A aperto ducantur arcus, rectam BV in I, II, III, IV, V &c. rectam vero BC in 1, 2, 3, 4, 5 &c. interſecantes: erunt B1, B2, B3, B4, B5 &c. abſciſſæ, BI, BII, BIII, BIV, BV, &c. ſemiordinatæ (*§. 327 Geom.*). Quare ſi lineæ B1, B2, B3 &c. ex recta BC in BN transferantur & in punctis 1, 2, 3 &c. normales applicentur 1I = BI, 2II = BII, 3III = BIII &c. curva per puncta I, II, III &c. tranſiens parabola eſt: PN vero ejus axis (*§. 392*). Elegantius parabola deſcribitur, ſi ſumto AX pro axe parabolæ & puncto A pro vertice fiat AB parametro æqualis & ducta recta CD, quæ rectam BX ad angulos rectos ſecet, de- Tab. III. Fig. 39. Tab. XII. Fig. 118.

 ſcri-

ſcribantur pro arbitrio circuli quotcunque tranſeuntes per B & axem ſecantes in P, P, P &c. erunt enim AP, AP, AP &c. abſciſſæ, PI = A1, PII = A2, PIII = A3 &c. ſemiordinatæ parabolæ (§. 317 *Geom.*).

COROLLARIUM 5.

Tab. III. Fig. 39. 394. Quodlibet etiam punctum parabolæ geometrice determinari poteſt. E. gr. quæritur, utrum punctum M ſit in parabola, nec ne. Demittatur ex M ad BN perpendicularis PM & fiat PN parametro AB æqualis. Super BN deſcribatur ſemicirculus. Quodſi enim is tranſeat per M; erit punctum M in parabola (§. 327 *Geom.* & §. 391 *Analyſ.*).

DEFINITIO 34.

395. *Focus* eſt punctum axis F, in quo ſemiordinata FN æquatur ſemiparametro.

PROBLEMA 174.

Tab. III. Fig. 40. 396. *Invenire diſtantiam Foci a vertice* AF.

Sit AF $= x$, parameter $= a$, erit FN $= \frac{1}{2}a$ (§. 395), conſequenter

$$\frac{1}{4}a^2 = ax \text{ (§. 387)}$$

$$\frac{1}{4}a = x$$

Theorema. In Parabola diſtantia foci a vertice AF eſt ad parametrum in ratione ſubquadrupla, ſeu quarta pars parametri.

COROLLARIUM 1.

397. Quoniam $y^2 = ax$ (§. 388): quadratum ſemiordinatæ PM eſt quadruplum rectanguli ex diſtantia foci a vertice in abſciſſam $\frac{1}{4}ax$ ſive AF. AP.

COROLLARIUM 2.

398. Invenitur adeo diſtantia foci a vertice AF, ſi ad abſciſſam quamcunque AP & dimidiam ſemiordinatam $\frac{1}{2}$ PM quæratur tertia proportionalis (§. 327 *Geom.*). Eſt enim $\frac{1}{4}$ PM^2 = AP. AF (§. 377 *Geom.*), conſequenter PM^2 = 4 AF. AP.

PROBLEMA 175.

399. *Determinare quantitatem rectæ* FM *ex foco* F *ad extremitatem ſemiordinatæ* M *ductæ*. Tab. III. Fig. 40.

Sit AP $= x$. Quoniam AF $= \frac{1}{4}a$ (§. 396), erit PF $= x - \frac{1}{4}a$ vel $\frac{1}{4}a - x$, ſi AF > PA, conſequenter

$$\text{PF}^2 = x^2 - \tfrac{1}{2}ax + \tfrac{1}{16}a^2$$
$$\text{PM}^2 = ax \quad \text{(§. 388)}$$

$$\text{FM}^2 = x^2 + ax + \tfrac{1}{16}a^2 \quad \text{(§. 417 } Geom.)$$

$$\text{FM} = x + \tfrac{1}{4}a.$$

Theorema. Recta FM ex foco F ad extremitatem ſemiordinatæ parabolæ ducta æquatur aggregato ex abſciſſa AP & diſtantia foci a vertice AF.

COROLLARIUM 1.

400. Si quarta pars parametri ex A in *f* & F transfertur & per AD parallelæ quotcunque ipſi in punctis P normales MM aguntur, tandemque ex F intervallo

Digitized by Google

vallo Pf puncta M determinantur; curva per hæc puncta tranſiens eſt parabola.

COROLLARIUM 2.

Tab. III. Fig. 41. 401. Poteſt ergo parabola etiam continuo motu deſcribi. Nimirum aſſumta recta pro axe fiat $fA = AF = \frac{1}{4}a$. In A firmetur regula DB ſecans axem fD ad angulos rectos. Extremitati regulæ alterius EC alligetur filum, altero ſui extremo in foco F fixum, quod ſit $= AD + AF$. Quodſi ſtylo ad regulam EC applicato regula EC juxta ductum alterius DB dextrorſum & dein ſiniſtrorſum promoveatur; ſtylus parabolam deſignabit. Eſt enim conſtanter $FM = EM = Pf = x + \frac{1}{4}a$, conſequenter punctum M in parabola (§. 399).

PROBLEMA 176.

402. *Invenire rationem ſemiordinatarum in Parabola.*

Sint abſciſſæ x & v, ſemiordinatæ y & z; erit $y^2 = ax$ & $z^2 = av$ (§. 388), conſequenter

$$y^2 : z^2 = ax : av$$

$$y^2 : z^2 = x : v \quad (\S.124)$$
$$y : z = \sqrt{x} : \sqrt{v}$$

Theorema. Quadrata ſemiordinatarum ſunt inter ſe ut abſciſſæ: ipſæ autem ſemiordinatæ in ratione ſubduplicata abſciſſarum.

PROBLEMA 177.

403. *Determinare quantitatem rectanguli ex ſumma duarum ſemiordinatarum* PM + pm *in differentiam earundem* Rm. Tab. III. Fig. 40.

$$PM + pm = \sqrt{ax} + \sqrt{av} \quad (\S.402$$
$$mR = \sqrt{av} - \sqrt{ax} \quad 388).$$

$$(PM + pm)mR = av - ax = a(v - x) = a \,.\, Pp$$

Theorema. Rectangulum ex ſumma duarum ſemiordinatarum in differentiam earundem æquatur rectangulo ex parametro in differentiam abſciſſarum.

COROLLARIUM.

404. Eſt ergo parameter ad ſummam duarum ſemiordinatarum, ut earundem differentia ad differentiam abſciſſarum (§. 299 *Arithm.*).

PROBLEMA 178.

405. *Determinare quantitatem rectanguli ex ſemiordinata in abſciſſam.*

Quoniam $PM = \sqrt{ax}$ (§. 392); erit $PM.AP = x\sqrt{ax} = \sqrt{ax^3}$ (§. 61). Quare cum ſit $ax : \sqrt{ax^3} = \sqrt{ax^3} : x^4$, hoc eſt, $ax : x\sqrt{ax} = \sqrt{ax^3} : x^2$; erit $a : \sqrt{ax} = \sqrt{ax^3} : x^2$ (§. 124) hoc eſt $a : PM = PM.AP : AP^2$. Tab. III. Fig. 40.

Theorema. In parabola eſt rectangulum ex ſemiordinata in abſciſſam ad quadratum abſciſſæ ut parameter ad ſemiordinatam.

PRO-

Digitized by Google

PROBLEMA 179.

406. *Determinare quantitatem rectanguli ex abſciſſa una in alteram.*

Sit abſciſſa una $= x$, altera $= v$; ſemiordinata una $= y$, altera $= z$; erit $x = y^2 : a$ & $v = z^2 : a$ (§. 391), conſequenter $xv = y^2 z^2 : a^2$, adeoque $a^2 : y^2 = z^2 : xv$.

Theorema. In parabola quadratum parametri eſt ad quadratum ſemiordinatæ unius, ut quadratum ſemiordinatæ alterius ad rectangulum abſciſſarum.

PROBLEMA 180.

Tab. III. Fig. 41. 407. *Determinare quantitatem chordæ* AM.

Si Parameter $= a$, $AP = x$, erit $PM^2 = ax$ (§. 388). Quare cum $AP^2 = x^2$; erit $AM^2 = ax + x^2$ (§. 417 *Geom.*), $= (a + x)x = (a + AP).AP$.

Theorema. In parabola chorda eſt media proportionalis inter abſciſſam & compoſitam ex parametro & abſciſſa.

DEFINITIO 35.

Tab. III. Fig. 42. 408. Si TM curvam tangit in M, ducatur MR ad tangentem normalis; recta PT inter tangentem TM & ſemiordinatam PM intercepta *Subtangens* vocatur: quæ vero inter ſemiordinatam & normalem intercipitur PR, *Subnormalis* audit.

COROLLARIUM.

409. Eſt adeo TMR triangulum rectangulum (§. 91 *Geom.*), adeoque ob PM ad AR normalem (§. 329. 267 *Geom.*), $PR : PM = PM : PT$ & $PM : PT = MR : TM$, hoc eſt, in omni curva ſubnormalis eſt tertia proportionalis ad ſubtangentem & ſemiordinatam, & normalis eſt ad tangentem ut ſemiordinata ad ſubtangentem.

PROBLEMA 181.

410. *Determinare quantitatem ſubtangentis PT & ſubnormalis PR in Parabola.* Tab. III. Fig. 42.

Sit $AP = x$, MR ad tangentem TM perpendicularis $= t$, $RA = v$, erit $PR = v - x$, $PM^2 = ax$ (§. 388) & (§. 417 *Geom.*)

$$ax = t^2 - v^2 + 2vx - x^2$$

hoc eſt
$$x^2 - 2vx + v^2 = 0$$
$$\quad + ax - t^2$$

Eadem æquatio provenit, ſi recta TM parabolam ſecet, & quidem ad utrumque ſectionis punctum. Quoniam itaque in puncto contactus duo illa puncta coincidunt; æquatio duas radices æquales habere debet, coincidentibus nimirum etiam abſciſſis per x deſignatis. Quare ſi fiat $x = z$ ſeu $x - z = 0$ & inde formetur æquatio $x^2 - 2zx + z^2 = 0$, duas æquales radices con-

Digitized by Google

continens (§. 329); hæc cum antea inventa eadem eſſe debet, conſequenter

$$-2z = -2v + a$$

Ergo ob $z = x$) $x = v - \frac{1}{2}a$

$\frac{1}{2}a = v - x = PR$

Porro (§. 406) PR : PM = PM : PT

hoc eſt, $\frac{1}{2}a : \sqrt{ax} = \sqrt{ax} : PT$

Ergo $PT = ax : \frac{1}{2}a = 2x$.

Theorema. In parabola ſubtangens PT eſt abſciſſæ AP dupla; ſubnormalis vero PR parametri ſubdupla, adeoque conſtans.

COROLLARIUM 1.

Tab. III. Fig. 40. 411. Quoniam TA = x & diſtantia foci a vertice AF = $\frac{1}{4}a$ (§. 396); erit TF = $\frac{1}{4}a + x$. Ergo recta FM ex foco F ad punctum contactus M ducta æquatur rectæ TF (§. 399), conſequenter TFM triangulum æquicrurum.

COROLLARIUM 2.

412. Quoniam PA = x & AF = $\frac{1}{4}a$ (§. 396), erit PF = $x - \frac{1}{4}a$, conſequenter cum ſit PR = $\frac{1}{2}a$ (§. 410), FR = $x + \frac{1}{4}a$, adeoque FR = FM (§. 399) = TM (§. 411). Circulus igitur ex foco parabolæ F per punctum ejus M ductus ſubtangentem PT & ſubnormalem PR determinat, conſequenter punctum T, ex quo ducitur tangens TM.

COROLLARIUM 3.

413. Quodſi MG ducatur parallela axi AQ, erit angulus GMS = FTM (§. 233 *Geom.*). Cumque ſit TF = FM (§. 411); erit FTM = FMT (§. 184 *Geom.*), conſequenter FMT = GMS (§. 87 *Arithm.*). Tab. III. Fig. 42.

PROBLEMA 182.

414. *Ducta* ON *tangenti* TM, *&* MG *axi* AQ *parallela, determinare rationem ſegmentorum* HF *&* FN. Tab. III. Fig. 43.

Sit AP = AT = x, erit PM = $\sqrt{ax}$ (§. 392) PT = IO (ob TO = MF = PI, (§. 257 *Geom.*) = $2x$ (§. 410). Sit MF = PI = v, erit TI = $v + 2x$, IA = $v + x$. Sit denique IQ = FG = t, erit OQ = OI + IQ = $2x + t$, QA = $x + v + t$, & hinc $QN^2 = ax + av + at$ (§. 388). Porro (§. 268 *Geom.*).

$$OI : IF = OQ : QN$$

h. e. $OI^2 : IF^2 = OQ^2 : QN^2$

$$4x^2 : ax = (2x+t)^2 :$$

$$4x : a = (2x+t)^2 : \frac{a(2x+t)^2}{4x}$$

Eſt itaq; $a(x+v+t) = a(2x+t)^2 : 4x$

$$4x^2 + 4xv + 4tx = 4x^2 + 4tx + t^2$$

$$4xv = t^2$$

Quodſi LI dicatur t; reperietur eodem modo $t^2=4xv$, reliquis manentibus iisdem. Unde patet, eſſe LI=IQ. Eſt vero (§. 268 *Geom.*).
OH : OL = HN : LQ &
OH : OL = HF : LI, adeoque HN : HF = LQ : LI (§. 167. 173 *Arithm.*). Sed LI = $\frac{1}{2}$LQ = IQ, *per demonſtrata*. Ergo FH = $\frac{1}{2}$HN = HF (§. 149 *Arithm.*).

Theorema. Si recta HN tangenti TM parallela ducatur, recta MG ex puncto contactus M cum axe parallela ducta eam bifariam ſecat in F.

COROLLARIUM 1.

Tab. III. Fig. 43. 415. Eſt ergo MG diameter, HN ejus ordinata, MF abſciſſa (§. 368. 370. 371).

COROLLARIUM 2.

416. Quoniam anguli recti ad G & P *per conſtr.* æquales ſunt (§. 145 *Geom.*) & ob paralleliſmum rectarum FG & OQ *per conſtruct.* anguli F & G in ΔΔ FNG & FOI æquales ſunt (§. 233 *Geom.*), erit (§. 268 *Geom.*)

$$OI : FI = FG : GN$$
$$2x : \sqrt{ax} = \sqrt{4vx} : \sqrt{av}$$

Et quia (§. 417 *Geom.*) $FN^2 = FG^2 + GN^2$: erit $FN^2 = 4vx + av = (a+4x)v$. Jam cum $FM = v$, & x reſpectu puncti M conſtans; $a + 4x$ eſt parameter diametri, & quadratum etiam ad diametrum applicatæ æquale rectangulo ex parametro in abſciſſam.

COROLLARIUM 3.

417. Recta ex foco ad verticem diametri M ducta eſt $\frac{1}{4}a + x$ (§. 399); diameter ergo parametri eſt rectæ illius quadrupla.

PROBLEMA 183.

418. *Si TM parabolam tangit in M & MR fuerit ad eam normalis & ex foco F ducatur recta FM atque FO ad TM normalis, demittatur etiam ex R ad rectam FM normalis HR: determinare quantitatem ſegmentorum MH & FH, itemque rectæ OF.* Tab. XII. Fig. 118.

Sit parameter a, $AP=x$, erit $FM = \frac{1}{4}a + x$ (§. 399), $PR = \frac{1}{2}a$ & $TP = 2x$ (§. 410). Cum TFM ſit triangulum æquicrurum (§. 411), adeoque TO = OM (§. 184 *Geom.*); erit ob $FM^2 - OM^2 = FO^2$ (§. 417 *Geom.*). Quoniam itaque $TM^2 = TP^2 + PM^2$ (*§. cit.*); erit $TM^2 = 4x^2 + ax$ (§. 388), conſequenter $OM^2 = x^2 + \frac{1}{4}ax$, quod ex $FM^2 = \frac{1}{16}a^2 + \frac{1}{2}ax + x^2$ ſubductum relinquit $FO^2 = \frac{1}{16}a^2 + \frac{1}{4}ax = (\frac{1}{4}a + x)\frac{1}{4}a$. Porro $MR^2 = PR^2 + PM^2$ (§. 417 *Geom.*) $= \frac{1}{4}a^2 + ax = (\frac{1}{4}a + x)a$. Jam cum in ΔΔ OFM & MHR anguli ad O & R recti *per hypoth.* ſint inter ſe æquales (§. 145 *Geom.*) & ob paralleliſmum rectarum

MR

MR & FO (§. 256 *Geom.*) anguli F & M æquales (§. 233 *Geom.*); erit (§. 268 *Geom.*).

$$FM : OF = MR : MH$$

adeoq; $FM^2 : OF^2 = MR^2 : MH^2$ (§. 124)

$$(\tfrac{1}{4}a + x)^2 : (\tfrac{1}{4}a + x)\,\tfrac{1}{4}a = (\tfrac{1}{4}a + x)\,a : MH^2$$

$$\tfrac{1}{4}a + x : \tfrac{1}{4}a = (\tfrac{1}{4}a + x)\,a : MH^2 \quad (§ 124.)$$

$$1 : \tfrac{1}{4}a = a : MH^2 \;(§. cit.)$$

$$MH^2 = \tfrac{1}{4}a^2$$

$$MH = \tfrac{1}{2}a = PR$$

Ergo $HF = FM - HM = x - \tfrac{1}{4}a = FP$.

Theorema 1. Recta OF ex foco parabolæ F ad tangentem TM ducta eſt media proportionalis inter parametrum & rectam FM ex foco F ad punctum parabolæ M ductam.

Theorema 2. Si MR fuerit ad parabolam in puncto M normalis & ex R ducatur ad rectam FM ex foco F in idem parabolæ punctum M ductum normalis HR; erit MH ſub normali PR & HF portioni axs inter focum F & ſemiordinatam PM interceptæ æqualis.

PROBLEMA 184.

Tab. III. Fig. 42. 419. *Invenire æquationem ad parabolam externam, hoc eſt, punctis parabolæ M ad rectam AO, quæ ad axem AR in vertice A perpendicularis, relatis.*

Sit abſciſſa $AN = x$, ſemiordinata $NM = y$, parameter $= a$. Quoniam AN *per hypoth.* & PM (§. 368) perpendicularis ad AR; erit AN ipſi PM parallela (§. 256 *Geom.*). Cum ex eadem ratione NM ſit parallela ipſi AR; erit $AN = PM$ & $NM = AP$ (§. 257 *Geom.*), conſequenter $PM = x$, $AP = y$, atque ideo $x^2 = ay$ (§. 388).

DEFINITIO 36.

420. *Ellipſis* eſt linea curva, in qua quadratum ſemiordinatæ PM eſt ad rectangulum ex ſegmentis axis AP & PB ut parameter ad axem, hoc eſt, ſi $AB = a$, parameter $= b$, $PM = y$, $AP = x$, erit $b : a = y^2 : ax - x^2$ adeoque $ay^2 = abx - bx^2$. Tab. III. Fig. 44.

COROLLARIUM 1.

421. eſt ergo $y^2 = bx - bx^2 : a$, hoc eſt, quadratum ſemiordinatæ æquatur rectangulo ex parametro in abſciſſam, demto tamen alio rectangulo ex eadem abſciſſa in quartam proportionalem ad axem, parametrum & abſciſſam.

COROLLARIUM 2.

422. Fiat $y = 0$, erit $bx - bx^2 : a = 0$, adeoque $abx = bx^2$, conſequenter $a = x$. Patet adeo curvam ſecare AB in A & B, conſequenter in ſe redire.

COROLLARIUM 3.

423. Fiat $x = \frac{1}{2}a$. Erit $y^2 = \frac{1}{2}ab - a^2b : 4a = \frac{1}{4}ab$, conſequenter $y = CD = \sqrt{\frac{1}{4}ab}$. Ergo $DE = 2\sqrt{\frac{1}{4}ab} = \sqrt{ab}$, hoc eſt, axis minor ED eſt medius proportionalis inter majorem AB & parametrum, conſequenter parameter tertia proportionalis ad axem majorem & minorem.

COROLLARIUM 4.

424. Quia $ay^2 = abx - bx^2$

erit $bx^2 = abx - ay^2$

$bx^2 : (bx - y^2) = a$

Invenitur ergo axis parametro, abſciſſa & ſemiordinata datis, ſi fiat 1. $b : y = y : \frac{y^2}{b}$, 2. $x - \frac{y^2}{b} = \frac{(bx - y^2)}{b} : x = x : a$.

Tab. XII. Fig. 119. Nimirum ſit axis AB poſitione datus & parameter AL ad eum perpendicularis. Datis abſciſſa AP & ſemiordinata PM, fiat AN = AQ = PM; ducta NF ipſi LQ parallela, erit $AF = y^2 : b$, conſequenter $FP = x - y^2 : b$. Continuetur LA in G, factaque AH = FP & AG = AP ducatur GB ipſi HP parallela: erit $AB = bx^2 : (bx - y^2)$, adeoque axis quæſitus.

COROLLARIUM 5.

Tab. IV. Fig. 45. 425. Quia $ay^2 = abx - bx^2$

erit $ay^2 : (ax - x^2) = b$

conſequenter 1. $x : y = y : \frac{y^2}{x}$ & 2. $a - x : \frac{y^2}{x} = a : b$.

Datis ergo axe AB, abſciſſa AP & ſemiordinata PM, ita invenitur parameter AG. 1. Fiat AI = PM & ex A per M ducatur recta AL. 2. In I erigatur perpendicularis LI; erit (*§. 268 Geom.*) ob AP : PM = AI : LI; $LI = y^2 : x$. 3. Producatur PM in O, donec $PO = LI = y^2 : x$, & ex B per O ducatur recta BG. 4. In A excitetur perpendicularis GA = (ob BP : PO = BA : GA) $ay^2 : (ax - x^2)$: quæ erit parameter AG.

COROLLARIUM 6.

426. $y = \frac{\sqrt{(abx - bxx)}}{\sqrt{a}} = \sqrt{\left(\frac{bx(a - x)}{a}\right)}$. Datis itaque axe AB & parametro AG, cuilibet abſciſſæ BP ſemiordinata PN aſſignatur, ſi parametro AG axi AB ad angulos rectos juncta ducatur GB & erecta perpendiculari PN, fiat PL = PH, tandemque ſuper AL ſemicirculus deſcribatur. Eſt enim AB (a) : GA (b) = BP (x) : PH $(bx : a)$ & $PN = \sqrt{(AP.PL)} = \sqrt{(a - x, bx : a)} = \sqrt{(bx - bx^2 : a)}$.

PROBLEMA 185.

Tab. III. Fig. 44. 427. *Invenire diſtantiam foci a vertice* AF.

Sit $AB = a$, parameter $= b$, $AF = x$, erit $FR = \frac{1}{2}b$ (§. 395) &

$\frac{1}{4}ab^2$

Digitized by Google

$$\frac{1}{4}ab^2 = abx - bx^2$$
$$\overline{}\, b$$
$$\frac{1}{4}ab = ax - x^2$$

$$x^2 - ax = -\frac{1}{4}ab$$
$$\frac{1}{4}a^2 \quad \frac{1}{4}a^2$$

$$x^2 - ax + \frac{1}{4}a^2 = \frac{1}{4}a^2 - \frac{1}{4}ab$$

$$\frac{1}{2}a - x = \surd(\tfrac{1}{4}a^2 - \tfrac{1}{4}ab)$$

$$\frac{1}{2}a - \surd(\tfrac{1}{4}a^2 - \tfrac{1}{4}ab = x$$

Conſtructio. Ex B in L transferatur dimidia parameter, erit $CL = \frac{1}{2}a - \frac{1}{2}b$. In centro C erigatur perpendicularis CK occurrens ſemicirculo ſuper AL deſcripto in K, erit $CK = \surd(\frac{1}{4}a^2 - \frac{1}{4}ab)$. Fiat itaque CF = CK; erit in F focus.

Aliter. Quoniam $\surd \frac{1}{4}ab = CD$, (§. 423) ſi intervallo $DF = \frac{1}{2}a$ interſecetur AB in F, erit in F focus. Nam $CD^2 = \frac{1}{4}ab$ & $DF = \frac{1}{4}a^2$. Ergo $CF = \surd(\frac{1}{4}a^2 - \frac{1}{4}ab)$, ut ante.

Æquatio ſecunda ſequens ſuppeditat

Theorema. Si axis AB in foco F ſecetur; erit rectangulum ex ſegmentis axis AF. FB ſubquadruplum rectanguli ex parametro in axem ſeu quadrato axis dimidii majoris CD æquale.

COROLLARIUM.

428. Diſtantia foci a centro eſt $= \surd(\frac{1}{4}a^2 - \frac{1}{4}ab)$, hoc eſt, quadratum ejus eſt differentia quadratorum DC & AC.

PROBLEMA 186.

429. *Invenire rationem ordinatarum* PM & pm *in ellipſi.* Tab. III. Fig. 44.

Sit $AB = a$, parameter $= b$, $AP = x$, $PM = y$, $Ap = z$, $pm = v$; erit

$$\left.\begin{array}{l} y^2 = bx - bx^2 : a \\ v^2 = bz - bz^2 : a \end{array}\right\} (\text{§. } 421).$$

Ergo $y^2 : v^2 = bx - \frac{bx^2}{a} : bz - \frac{bz^2}{a}$

h. e. $y^2 : v^2 = ax - x^2 : az - z^2$

ſeu $PM^2 : pm^2 = AP.\,BP : Ap.\,pB$

Theorema. In ellipſi quadrata ſemiordinatarum ſunt inter ſe ut rectangula ex axis ſegmentis.

COROLLARIUM 1.

430. Eſt igitur etiam $DC^2 : PM^2 = CB^2 : AP.PB$, conſequenter $DC^2 : CB^2 = PM^2 : AP.PB$ (§. 173 *Arithm.*), hoc eſt, quadratum axis minoris eſt ad quadratum majoris ut quadratum ſemiordinatæ ad rectangulum ex axis ſegmentis.

COROLLARIUM 2.

431. Sit $CP = x$, erit $AP = \frac{1}{2}a - x$ & $PB = \frac{1}{2}a + x$, conſequenter $AP.\,PB = \frac{1}{4}a^2 - x^2$. Habemus adeo (§. 430)

$$\frac{1}{4}ab : \frac{1}{4}a^2 = y^2 : \frac{1}{4}a^2 - xx$$

hoc eſt $b : a =$

$$ay^2 = \frac{1}{4}a^2 b - bx^2$$

$$y^2 = \frac{1}{4}ab - bx^2 : a$$

En æquationem aliam, quæ naturam ellipſis definit, abſciſſis a centro C computatis.

COROLLARIUM 3.

432. Sit $CD = d$, $AC = r$, $PC = x$, erit $AP = r - x$ & $PB = r + x$, conſequenter $AP.PB = r^2 - x^2 = AC^2 - PC^2$. Habemus ergo ut ante

$$d^2 : r^2 = y^2 : r^2 - x^2$$

unde $$r^2 y^2 = d^2 (r^2 - x^2)$$

$$y^2 = d^2 (r^2 - x^2) : r^2$$

En æquationem adhuc aliam, quæ itidem ellipſis naturam definit, abſciſſis denuo a centro C computatis, & qua in ſubſequentibus ob commoditatem utemur.

COROLLARIUM 4.

433. Creſcentibus adeo abſciſſis x, ſemiordinatæ decreſcere debent. Quodſi tandem fiat $x = r$; erit $r^2 - x^2 = 0$, conſequenter $y^2 = 0$, adeoque ellipſis cum axe tandem concurrit. Unde porro intelligitur, ellipſin eſſe lineam in ſe redeuntem.

PROBLEMA 187.

434. *Determinare quantitatem rectarum* FM *&* fM *ex utroque foco* F *&* f *ad idem peripheriæ punctum* M *ductarum.*

Tab. IV. Fig. 46. Sint $FC = fC = c$, reliqua ut ante: erit $PC = \frac{1}{2}a - x$, $Pf = c + \frac{1}{2}a - x$, $PF = c - \frac{1}{2}a + x$, adeoque $PF^2 = c^2 - ac + \frac{1}{4}a^2 + 2cx - ax + x^2$, $= (\frac{1}{2}a - c)^2 + 2cx - ax + x^2$, $Pf^2 = c^2 + ac + \frac{1}{4}a^2 - 2cx - ax + x^2$. $= (\frac{1}{2}a + c)^2 - 2cx - ax + x^2$. Eſt vero (§.430).

$$CB^2 : DC^2 = AP . PB : PM^2$$

$$\tfrac{1}{4}a^2 : \tfrac{1}{4}a^2 - c^2 = ax - xx : PM^2$$

Habemus adeo

$$PM^2 = ax - xx - \frac{4ccx}{a} + \frac{4ccxx}{aa}$$

$$PF^2 = (\tfrac{1}{2}a - c)^2 + 2cx - ax + xx$$

$$FM^2 = (\tfrac{1}{2}a - c)^2 + 2cx - \frac{4c^2x}{a} + \frac{4c^2x^2}{aa}$$

$$FM = \tfrac{1}{2}a - c + 2cx : a$$

Porro

$$PM^2 = ax - xx - \frac{4ccx}{a} + \frac{4ccxx}{aa}$$

$$Pf^2 = (\tfrac{1}{2}a + c)^2 - 2cx - ax + xx$$

$$fM^2 = (\tfrac{1}{2}a + c)^2 - 2cx - \frac{4ccx}{a} + \frac{4c^2x^2}{aa}$$

$$fM = \tfrac{1}{2}a + c - 2cx : a$$
$$FM = \tfrac{1}{2}a - c + 2cx : a$$

$$fM + FM = a = AB$$

Theorema. Summa rectarum FM & fM ex utroque foco F & f ad idem peripheriæ punctum M ductarum æquatur axi majori AB.

COROL-

COROLLARIUM 1.

435. Datis ergo axibus conjugatis ellipſis facillime deſcribitur. Determinatis enim focis F & f (§. 427), clavi in iis deſigantur & his filum circumligetur FMf axi majori AB æquale. Quodſi immiſſo ſtylo filum extendatur & circa clavos circumducatur, ellipſis deſignabitur.

COROLLARIUM 2.

436. Immo eodem modo geometrice determinatur quodlibet punctum ellipſeos M. Axis enim AB dividitur pro arbitrio utcunque in duas partes, & parte una ex foco F, altera ex foco f deſcribitur arcus: duæ enim hi arcus ſe mutuo ſecabunt in puncto M. Poſſunt autem una eademque opera quatuor ſimul determinari puncta, ſingula nempe in ſingulis quadrantibus AD, DB, BE & EA.

PROBLEMA 188.

Tab. III. Fig. 44.

437. *Determinare quantitatem rectæ* MR *ex quovis ellipſis puncto* M *ad axem conjugatum* DC *perpendicularis.*

Sit $MR=PC=v$, $AC=r$, erit $AP=r-v$ & $PB=r+v$. Sit $DR=z$, $DC=c$, erit $RC=PM=c-z$, conſequenter (§.430)

$$DC^2:CB^2=PM^2:AP.PB$$

$$cc:rr=z^2-2cz+c^2:r^2-v^2$$

$$c^2:z^2-2cz+c^2=r^2:r^2-v^2 \quad (\text{§. 173 } Arithm)$$

$$2cz-z^2:c^2=v^2:r^2 \quad (\text{§. 193 } Arithm.)$$

$$2cz-z^2:v^2=c^2:r^2 \quad (\text{§.173 } Arithm.)$$

$$DR.RE:RM^2=DC^2:AC^2.$$

Theorema. Rectangulum ex ſegmentis axis conjugati eſt ad quadratum ſemiordinatæ ipſius ut quadratum axis conjugati ad quadratum axis majoris.

COROLLARIUM 1.

438. Habent ergo ad axem conjugatum coordinatæ eandem relationem, quæ inter coordinatas ad axem majorem intercedit.

COROLLARIUM 2.

439. Quoniam $v^2=\frac{2r^2z}{c}-\frac{r^2z^2}{c^2}$ (§. 437); ſi fiat $2r^2:c=p$, erit $v^2=pz-pz^2:2c$. Eſt adeo p parameter axis conjugati (§ 420). Quare parameter axis conjugati tertia proportionalis ad $2c$ & $2r$, ſeu ad axem conjugatum & axem majorem.

PROBLEMA 189.

440. *Determinare ſubtangentem* PT *& ſubnormalem* PR *in Ellipſi.* Tab. IV. Fig. 47.

Eadem prorſus methodo utendum, quam parabola uſi ſumus. Nimirum ſit Parameter$=b$, axis major $=a$, $AP=x$, $PM=y$, $MR=t$, $RA=z$; erit $PR=z-x$, conſequenter $PM^2=t^2-z^2+2zx-x^2$. Eſt vero etiam $PM^2=bx-bx^2:a$ (§. 421). Quare

$t-$

Digitized by Google

$$t^2-z^2+2zx-x^2=bx-bx^2:a$$

$$at^2-az^2+2azx-ax^2=abx-bx^2$$

$$ax^2-bx^2+abx-2azx+az^2-at^2=0$$

$$x^2+\frac{(ab-2az)}{a-b}x+\frac{az^2-at^2}{a-b}=0$$

Cum ex ſuperioribus conſtet, æquationem hanc duas habere debere radices æquales; ponatur ut ſupra (§. 410) $x-v=0$, erit $x^2-2vx+v^2=0$, æquatio eadem cum anteriore, conſequenter

$$(ab-2az):(a-b)=-2v$$

$$ab-2az=-2av+2bv$$

$$ab+2av-2bv=2az$$

$$\tfrac{1}{2}b+v-bv:a=z$$

Eſt vero $v=x$, *per hypoth.* Quare ſi x pro v ſubſtituatur, prodibit $z=\frac{1}{2}b+x-bx:a=AR$. Ergo PR $=\frac{1}{2}b+x-bx:a-x=\frac{1}{2}b-bx:a=(\frac{1}{2}ab-bx):a$, quæ expreſſio hanc ſuppeditat analogiam:

$$a:b=\tfrac{1}{2}a-x:PR$$

Theorema. In ellipſi eſt ut axis primus ad parametrum ita diſtantia ſemiordinatæ a centro ad ſubnormalem.

Porro $PR:PM=PM:PT$ (§. 409).

$$\frac{\frac{1}{2}ab-bx}{a}:y=y:\frac{ay^2}{\frac{1}{2}ab-bx}$$

Eſt vero $ay^2=abx-bx^2$ (§. 420). Ergo $PT=(abx-bx^2):(\frac{1}{2}ab-bx)=(ax-x^2):(\frac{1}{2}a-x.)$ Habemus adeo

$$\tfrac{1}{2}a-x:x=a-x:PT$$

$$PC:AP=PB:PT$$

Ergo $PB.AP=CP.PT$

Theorema. In ellipſi rectangulum ex ſegmentis axis æquatur rectangulo ex diſtantia ſemiordinatæ a centro in ſubtangentem.

Tandem $AT=PT-AP=(ax-x^2):(\frac{1}{2}a-x)-x=(ax-x^2-\frac{1}{2}ax+x^2):(\frac{1}{2}a-x)=\frac{1}{2}ax:(\frac{1}{2}a-x)$. Quare

$$\tfrac{1}{2}a-ax:\tfrac{1}{2}a=x:AT$$

$$PC:AC=AP:AT$$

Theorema. Ut diſtantia ſemiordinatæ a centro ad axem dimidium, ita abſciſſa ad portionem ſubtangentis inter verticem ellipſis & tangentem interceptam.

COROLLARIUM 1.

441. Quia $PC:AC=AP:AT$; erit etiam $PC:AP=AC:AT$ (§. 173 *Arithm.*), conſequenter $PC:PC+PA=AC:CA+AT$ (§. 190 *Arithm.*), hoc eſt, $PC:AC=AC:CT$.

COROLLARIUM 2.

442. Eſt ergo $AC^2=PC.CT$ (§. 377 *Geom.*) hoc eſt, quadratum dimidii Axis AC æquatur rectangulo ex CT in PC.

CO-

COROLLARIUM 3.

443. Creſcentibus abſciſſis x, decreſcit $\frac{1}{2}a-x$, conſequenter ratio $\frac{1}{2}a-x:\frac{1}{2}a$ minuitur (§. 203 *Arithm.*). Abſciſſa igitur major ad AT rationem minorem habet quam minor.

COROLLARIUM 4.

444. Si $x=\frac{1}{2}a$, hoc eſt, quando AC fit abſciſſa, $\frac{1}{2}a-x=0$, conſequenter abſciſſa rationem infinitam habet ad AT, adeoque tangens TM cum ſubtangente TP nunquam concurrit. Eſt igitur axi parallelus.

COROLLARIUM 5.

445. Hinc vero ulterius liquet, quantitatem finitam AC reſpectu infinitæ pro nihilo habendam eſſe.

PROBLEMA 190.

Tab. IV. Fig. 47. 446. *Determinare quantitatem rectanguli ex ſubtangente* PT *in abſciſſam* CP.

Sit PC$=x$, PT$=t$, AC$=r$; erit AP$=r-x$ & PB$=r+x$, CT$=t+x$. Quoniam (§. 441)

$$PC:AC=AC:CT$$
$$x:r=r:t+x$$
erit $$tx+xx=r^2$$
$$tx=r^2-x^2=AP.PB$$

Theorema. Rectangulum ex ſubtangente PT in abſciſſam CP æquatur rectangulo ex ſegmentis axis.

PROBLEMA 191.

447. *Determinare valorem ſubtangentis* PT, *abſciſſis a centro computatis.* Tab. IV. Fig. 47.

Sit AC$=r$, PC$=v$, erit PB$=r+v$, AP$=r-v$, conſequenter (§. 440).

$$PC:PB=AP:PT$$
$$v:r+v=r-v:t$$
$$tv=r^2-v^2$$

Theorema. Rectangulum ex ſubtangente & diſtantia ordinatæ a centro æquatur differentiæ quadrati hujus diſtantiæ a quadrato ſemiaxis transverſi.

PROBLEMA 192.

448. *Determinare quantitatem ſubtangentis* KE *in axe conjugato.* Tab. IV. Fig. 47.

Si tangens TM continuetur, donec axi conjugato continuato in E occurrat, & ex M demittatur perpendicularis MK$=$PC (§. 157 *Geom.*) erit ob paralleliſmum rectarum KM & CT angulus T$=$EMK (§. 233 *Geom.*), conſequenter (§. 267 *Geom.*)

$$TP:PM=MK:KE$$
$$\frac{r^2-v^2}{v}:y=v:\frac{v^2y}{r^2-v^2}$$

Quodſi fiat DC $=c$, DK $=z$, erit KC $=$ PM $= y = c - z$ & $v^2 = \frac{2r^2 z}{c} - \frac{r^2 z^2}{c^2}$. (§.436) Hinc $r^2 - v^2 = (c^2 r^2 - 2r^2 cz + r^2 z^2) : c^2$ & $v^2 y = (2r^2 cz - r^2 z^2)(c - z) : c^2$. Quare $v^2 y : (r^2 - v^2) = (2r^2 cz - r^2 z^2)(c - z) : (c^2 r^2 - 2r^2 cz + r^2 z^2) = (2r^2 cz - r^2 z^2) : (cr^2 - r^2 z) = (2cz - z^2) : (c - z)$.

Expreſſio itaque ſubtangentis in axe conjugato eadem, quæ in tranſverſo.

RPOBLEMA 193.

Tab. IV. Fig. 48.

449. *Si recta* HN *tangenti* TM *parallela ducatur & punctum contactus* M *atque centrum* C *jungantur recta* MC, *quæ* HN *ſecat in* G, *determinare rationem rectarum* HG & GN.

Sit AB $=a$, PM $=y$, PC $=c$, FG $=$ KD $=t$, GI $=$ KS $=z$, erit IF $=$ HL $=$ DS $= t - z$, $HL^2 = t^2 - 2tz + z^2$. Opera nunc danda, ut HL^2 alia adhuc ratione exprimatur. Eſt itaque (§.268 *Geom.*)

$$PM : PC = FG : FC$$
$$y : t = t : (tc : y)$$

Et quia △TMP ∽ FOG (§.233. & 267 *Geom.*), & GIH ∽ FOG (§.268 *Geom.*); erit etiam TMP ∽ GIH conſequenter (§.267 *Geom.*)

$$PM : PT = GI : HI$$
$$y : \frac{ax - x^2}{c} = z : \frac{(ax - x^2)z}{cy} \quad (\S.440)$$

Ponamus brevitatis gratia $ax - x^2 = v$; erit FL $=$ HI $= vz : cy$. Ergo CL $=$ FL $+$ FC $= tc : y + vz : cy = (tc^2 + vz) : cy$. Hinc AL $=$ AC $-$ CL $= \frac{1}{2}a - (tc^2 - vz) : cy = (\frac{1}{2}acy - tc^2 - vz) : cy$ & BL $=$ AB $-$ AL $= a - (\frac{1}{2}acy + tc^2 + vz) : cy = (\frac{1}{2}acy + tc^2 + r^2 z) : cy$. Eſt vero (§.429)

$$AP.PB : LA.LB = PM^2 : HL^2$$
$$v : \frac{\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - 2tc^2vz - v^2z^2}{c^2y^2} = y^2 : HL^2$$

Hinc $HL^2 =$

$$\frac{\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - 2tc^2vz - v^2z^2}{c^2v} = t^2 - 2tz + z^2$$

$$\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - 2tc^2vz - v^2z^2 = t^2c^2v - 2tc^2zv + z^2c^2v$$

$$\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - v^2z^2 = t^2c^2v + z^2c^2v$$

$$\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - t^2c^2v = v^2z^2 + c^2vz^2$$

$$\frac{\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - t^2c^2v}{v^2 + c^2v} = z^2$$

Quodſi

Quodſi jam KN dicatur z, reliqua maneant ut ante; reperietur eodem modo $z^2 = \frac{\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - t^2c^2v}{v^2 + c^2v}$, conſequenter $KN^2 = KS^2$, adeoque & KN = KS.

Eſt vero (§. 268 *Geom.*) KN : KS = GN : HG. Ergo GN = HG.

Theorema. Si recta HN tangenti TM parallela ducatur, recta MC per contactum M & centrum ellipſis C tranſiens eam bifariam ſecat.

COROLLARIUM 1.

Tab. IV. 450. Eſt ergo MQ diameter, HN ejus ordinata (§. 368. 370).

COROLLARIUM 2.

Fig. 49. 451. Cum vero parallelæ HN quamcunque aliam, & rectæ MQ itidem quamcunque aliam ſubſtituere liceat; omnes rectæ per centrum tranſeuntes & in peripheria utrinque terminatæ ſunt diametri, ipſisque coordinatæ ſunt tangentibus parallelæ.

COROLLARIUM 3.

452. Eſt ergo etiam ECV diameter, conſequenter MQ & EV ſunt diametri conjugatæ (§. 374).

PROBLEMA 194.

453. *Si ex diametri* VE *tangenti* TM *parallelæ extremitate* V *perpendicularis* VR *demittatur in axem* AB; *determinare quantitatem rectæ* RC.

Sit CA = r, CR = v, PT = t, PC = x; erit AR = $r - v$, RB = $r + v$, conſequenter AP.PB = tx (§. 446), AR.RB = $r^2 - v^2 = tx + x^2 - v^2$ (§. 447).

Quoniam VE ipſi TM parallela, *per hypoth.* erit MTC = TCV (§. 233 *Geom.*). Quare cum anguli ad P & R ſint recti, *per conſtruct.* erit (§. 267 *Geom.*), PM : RV = TP : RC. Hinc $PM^2 : RV^2 = TP^2 : RC^2$ §. 124). Eſt vero etiam $PM^2 : RV^2$ = AP.PB : AR.RB (§. 429). Ergo (§. 167 *Arithm.*) Tab. IV. Fig. 49.

$$AP.PB : AR.RB = TP^2 : RC^2$$

$$tx : tx + x^2 - v^2 = t^2 : v^2$$

$$tv^2x = t^3x + t^2x^2 - t^2v^2$$

$$v^2x = t^2x + tx^2 - tv^2 \quad (\div t)$$

$$tv^2 + xv^2 = t^2x + tx^2$$

$$v^2 = tx \quad (\div t + x)$$

hoc eſt, CR^2 = AP.PB.

conſequenter AP : CR = CR : PB.

PROBLEMA 195.

454. *Determinare quantitatem ſemiordinatæ* GH *ad diametrum ellipſis* MQ. Tab. IV. Fig. 49.

Ductis KI ipſi FD & KG ipſi AB parallelis, fiat CP = x, AC = r, PT = t, PM = y, KG = IL = m, LC = n. Erit (§. 268 *Geom.*)

Digitized by Google

$CP : PM = CL : LG$

$x : y = n : \frac{ny}{x}$

Porro ob parallelas TM & HN *per conſtr.* ang. TSA = KHG (§.233 *Geom.*) adeoque ob rectos ad A & K *per conſtr.* T = HGK (§.246 *Geom.*), & hinc (§.267 *Geom.*).

$TP : PM = KG : KH$

$t : y = m : \frac{my}{t}$

$HI = KI - KH = \frac{ny}{x} - \frac{my}{t}$

$CI = CL + LI = n + m$

$HI^2 = \frac{n^2y^2}{x^2} - \frac{2mny^2}{tx} + \frac{m^2y^2}{t^2}$

$CI^2 = n^2 + 2mn + m^2$

$AI.IB = AC^2 - CI^2 = r^2 - n^2 - 2mn - m^2$ (§.432).

Eſt vero (§.429)

$AP.PB : AI.IB = PM^2 : HI^2$

$r^2 - x^2 : r^2 - n^2 - 2mn - m^2 = y^2 . HI^2$

Unde elicitur $HI^2 = \frac{r^2y^2 - n^2y^2 - 2mny^2 - m^2y^2}{r^2 - x^2}$

Quare

$\frac{n^2y^2}{x^2} - \frac{2mny^2}{tx} + \frac{m^2y^2}{t^2} = \frac{r^2y^2 - n^2y^2 - 2mny^2 - m^2y^2}{r^2 - x^2}$

Sed $\frac{2mny^2}{tx} = \frac{2mny^2}{r^2 - x^2}$ (§.446). Ergo

$\frac{n^2y^2}{x^2} + \frac{m^2y^2}{t^2} = \frac{r^2y^2 - n^2y^2 - m^2y^2}{r^2 - x^2}$

y^2

$\frac{n^2}{x^2} + \frac{m^2}{t^2} = \frac{r^2 - n^2 - m^2}{r^2 - x^2}$

x^2

$n^2 + \frac{m^2x^2}{t^2} = \frac{r^2x^2 - n^2x^2 - m^2x^2}{r^2 - x^2}$

$\frac{m^2x^4}{t^2x^2} = \frac{r^2x^2 - n^2x^2 - m^2x^2}{r^2 - x^2} - n^2$

$\frac{m^2x^4}{t^2x^2} = \frac{r^2x^2 - n^2x^2 - m^2x^2 - r^2n^2 + n^2x^2}{r^2 - x^2}$

$= \frac{r^2x^2 - m^2x^2 - r^2n^2}{r^2 - x^2}$

hoc eſt, ob $t^2x^2 = (r^2 - x^2)^2$ (§.446)

$m^2x^4 = (r^2x^2 - m^2x^2 - r^2n^2)(r^2 - x^2)$

$= r^4x^2 - r^2m^2x^2 - r^4n^2 - r^2x^4 + m^2x^4 + r^2n^2x^2$

$o = r^4x^2 - r^2m^2x^2 - r^4n^2 - r^2x^4 + r^2n^2x^2$

$o = r^2 - m^2 - \frac{r^2n^2}{x^2} - x^2 + n^2$

$m^2 = r^2 + n^2 - x^2 - \frac{r^2n^2}{x^2} = KG^2$

Sit

Digitized by Google

Si jam CM $= v$, erit (§. 268 *Geom.*)

$$CP : CM = CL : CG$$
$$x : v = n : (vn : x)$$

Ergo MG $=$ MG $-$ CG $= v - vn : x$
& GQ $=$ GC $+$ MC $= v + vn : x$
MG.GQ $= v^2 - v^2 n^2 : x^2$

Quodſi $v^2 - v^2 n^2 : x^2 =$ MG.QG multiplices per $r^2 - x^2 = CR^2$ (§. 453) & $r^2 + n^2 - x^2 - r^2 n^2 : x^2 = KG^2$ per $v^2 = CM^2$; utrobique prodit $r^2 v^2 + n^2 v^2 - x^2 v^2 - r^2 n^2 v^2 : x^2$ Eſt itaque MG.QG.CR^2 $=$ KG^2.CM^2, adeoque (§. 299 *Arithm.*) KG^2 : CR^2 $=$ MG.QG : CM^2. Jam ob parallelas EV & HN, *per hypoth.* MCV $=$ MGH (§. 233 *Geom.*) & ob parallelas KG & RC, *per conſtr.* MGK $=$ MCR (*§. cit.*). Ergo KGH $=$ RCV (§. 91 *Arithm.*), conſequenter KG^2 : CR^2 $=$ HG^2 : CV^2 (§. 267 *Geom.* & §. 260 *Arithm.*). Unde tandem habetur (§. 167 *Arithm.*) MG.QG : CM^2 $=$ HG^2 : CV^2.

Theorema. In ellipſi eſt quadratum ſemiordinatæ ad quadratum ſemidiametri conjugatæ ut rectangulum ex ſegmentis diametri ad quadratum ſemidiametri.

COROLLARIUM.

455. Sit MQ $= a$, EV $= c$, MG $= x$, HG $= y$, erit GQ $= a - x$, conſequenter (§. 454)

$$ax - x^2 : \tfrac{1}{4}a^2 = y^2 : \tfrac{1}{4}c^2$$

$$\tfrac{1}{4}c^2 ax - \tfrac{1}{4}c^2 x^2 = \tfrac{1}{4}a^2 y^2 \quad \Big| \; \tfrac{1}{4}a$$

$$c^2 x - \frac{c^2 x^2}{a} = ay^2$$

Fiat $\frac{c^2}{a} = b$, erit $c^2 = ab$.

Hinc $abx - bx^2 = ay^2$

Eadem ergo eſt relatio ſemiordinatarum ad diametros, quæ ad axem (§. 420) & diametri parameter eſt tertia proportionalis ad diametros a & c.

SCHOLION.

456. *Cum ex hac æquatione fundamentali reliquas ellipſis proprietates reſpectu axis deduxerimus; evidens eſt, omnes quoque iſtas proprietates ellipſi competere intuitu diametri.*

PROBLEMA 196.

457. *Determinare quantitatem rectæ FO ex foco F ad Tangentem Ellipſis TM perpendicularis.* Tab. XII. Fig. 118.

Sit RM ad tangentem TM normalis: erunt MR & OF inter ſe parallelæ (§. 256 *Geom.*), adeoque TR : RM $=$ TF : FO (§. 268 *Geom.*). Porro cum in triangulo rectangulo TMR ſemiordinata PM ſit ad hypothenuſam TR perpendicularis (§. 368. 370); erit $\triangle$ PMR $\backsim$ $\triangle$ TMP (§. 329 *Geom.*), adeoque TR:

Digitized by Google

TR:RM=RM:PR (§.267 *Geom.*). Eſt ergo RM:PR=TF:FO (§. 167 *Arithm.*), conſequenter FO.RM = PR. TF (§. 378 *Geom.*).

Theorema. Rectangulum ex ſubnormali PR in differentiam diſtantiæ foci a ſemiordinata atque ſubtangentis TF æquale eſt rectangulo ex normali MR & recta ex foco ad tangentem perpendiculari FO.

PROBLEMA 197.

Tab. XII. Fig. 118. 458. *Si in F fuerit focus ellipſis & MR ad eam normalis, HR vero normalis ad FM ex foco ad punctum contactus ductam; determinare quantitatem ſegmentorum MH & HF.*

Sit parameter $=b$, axis $=a$, diſtantia foci a centro $=c$, erit FM $=\frac{1}{2}a-c+2cx:a$ (§. 434), PR $=(\frac{1}{2}ab-bx):a$ (§. 440), AT $=\frac{1}{2}ax:(\frac{1}{2}a-x)$ (§. *cit.*) & AF $=\frac{1}{2}a-c$, conſequenter TF $=\frac{1}{2}ax:(\frac{1}{2}a-x)+\frac{1}{2}a-c=ax:(a-2x)+\frac{1}{2}a-c=(\frac{1}{2}a^2-ac-2cx):(a-2x)$. Ducatur FO ad tangentem TM normalis, erit OF parallela ipſi MR (§. 256 *Geom.*), adeoque angulus OFM ipſi HMR æqualis (§. 233 *Geom.*) & hinc ob rectos ad O & H æquales (§. 145 *Geom.*) reperitur (§. 267 *Geom.*) FM:FO=MR:MH hoc eſt, FM : $\frac{PR.TF}{MR}$ = MR:MH (§. 457). Eſt itaque MH = (PR.TF): FM, conſequenter FM: TF = PR:MH. Quare

$$\frac{1}{2}a-c+\frac{2cx}{a} : \frac{\frac{1}{2}a^2-ac-2cx}{a-2x} = \frac{ab-2bx}{2a} : MH$$

h.e. $a^2-2ac+4cx : \frac{\frac{1}{2}a^2-ac-2cx}{a-2x} = ab-2bx : MH$ (§. 184 *Arithm.*)

& $\frac{a^2-2ac+4cx}{a-2x} : \frac{\frac{1}{2}a^2-ac-2cx}{a-2x} = b : MH$ (§. 183 *Arithm.*).

Eſt ergo MH $=\frac{1}{2}b$ (§. 149 *Arithm.*).

Theorema. Si MR fuerit ad ellipſin normalis & ex R ducatur ad rectam FM ex foco F in idem parabolæ punctum M ductam normalis HR; erit MH parametro dimidiæ æqualis.

DEFINITIO 37.

459. *Hyperbola* eſt linea curva, in qua $ay^2=abx+bxx$, hoc eſt, $b:a=y^2:ax+x^2$, ſeu quadratum ſemiordinatæ eſt ad rectangulum ex abſciſſa in rectam compoſitam ex eadem abſciſſa & recta quadam conſtante, quæ *Axis transverſus*, *vel latus transverſum* audit, ut recta alia conſtans, quæ *axis Parameter* dicitur, ad axem transverſum.

CO-

Digitized by Google

COROLLARIUM.

460. Eſt ergo etiam hic ut in ellipſi $y^2 = bx + bx^2 : a$, $b = ay^2 : (ax + xx)$, $a = bxx : (y^2 - bx)$ &c. niſi quod hic contraria ſigna occurrant (§. 421 & ſeqq.).

DEFINITIO 38.

461. In hyperbola *Axis conjugatus* dicitur media proportionalis inter axem transverſum & parametrum, quia talis eſt axis conjugatus in ellipſi (§. 423).

DEFINITIO 39.

Tab. III. Fig. 37. 462. Si axis transverſus AB axi AX in directum jungitur & in C bifariam dividitur; punctum C *Centrum* appellatur.

PROBLEMA 198.

463. *Datis parametro & axe transverſo* AB, *invenire diſtantiam foci a vertice* AF.

Sit parameter $= b$, AB $= a$, erit FN $= \frac{1}{2} b$ (§. 395) & (§. 459).

$$b : a = \tfrac{1}{4} bb : ax + xx$$

$$\tfrac{1}{4} abb = abx + bxx$$

$$\tfrac{1}{4} ab = ax + xx$$

$$\tfrac{1}{4} aa + \tfrac{1}{4} ab = \tfrac{1}{4} aa + ax + xx$$

$$\sqrt{(\tfrac{1}{4} aa + \tfrac{1}{4} ab)} = \tfrac{1}{2} a + x$$

$$\sqrt{(\tfrac{1}{4} aa + \tfrac{1}{4} ab)} - \tfrac{1}{2} a = x$$

Invenitur adeo x quærendo inter $\frac{1}{2} a$ & $\frac{1}{2} a + \frac{1}{2} b$ mediam proportionalem ac inde auferendo $\frac{1}{2} a$. vel: Quia $\sqrt{\frac{1}{4} ab} =$ CE (§. 461), ſi fiat AG $=$ EC, erit GC $= \sqrt{(\frac{1}{4} a^2 + \frac{1}{4} ab)}$. Quare cum ſit AC $= \frac{1}{2} a$, ſi ex centro C radio CG deſcribatur arcus GF axem ſecans in F, erit AF $= \sqrt{(\frac{1}{4} a^2 + \frac{1}{4} ab)} - \frac{1}{2} a$, adeoque in F focus. Tab. III. Fig. 37.

COROLLARIUM 1.

464. Eſt adeo diſtantia foci a centro FC $= \sqrt{(\frac{1}{4} aa + \frac{1}{4} ab)}$. Quare ſi FC$^2 = c^2$; erit CE$^2 = c^2 - \frac{1}{4} a^2$.

COROLLARIUM 2.

465. Quia $ax + xx = \frac{1}{4} ab$ & $ax + xx =$ AF.FB, $\frac{1}{4} ab$ vero quadratum ſemiaxis conjugati (§. 461), rectangulum ex AF in FB huic quadrato æquale eſt.

PROBLEMA 199.

466. *Invenire rationem ſemiordinatarum* PM *&* pm. Tab. III. Fig. 40.

Sit axis transverſus$= a$, parameter $= b$, AP $= x$, PM $= y$, A$p = v$, $pm = z$; erit (§. 460).

$$y^2 : z^2 = bx + \frac{bxx}{a} : bv + \frac{bv^2}{a}$$

$$ax + xx : bv + v^2 \text{ (§. 124)}$$

$$(a + x)x : (b + v)v$$

Theorema. In hyperbola quadrata ſemiordinatarum ſunt inter ſe ut rectangula

En æquationem aliam, quæ naturam ellipſis definit, abſciſſis a centro C computatis.

COROLLARIUM 3.

432. Sit $CD = d$, $AC = r$, $PC = x$, erit $AP = r - x$ & $PB = r + x$, conſequenter $AP.PB = r^2 - x^2 = AC^2 - PC^2$. Habemus ergo ut ante

$$d^2 : r^2 = y^2 : r^2 - x^2$$

unde $$r^2 y^2 = d^2 (r^2 - x^2)$$

$$y^2 = d^2 (r^2 - x^2) : r^2$$

En æquationem adhuc aliam, quæ itidem ellipſis naturam definit, abſciſſis denuo a centro C computatis, & qua in ſubſequentibus ob commoditatem utemur.

COROLLARIUM 4.

433. Creſcentibus adeo abſciſſis x, ſemiordinatæ decreſcere debent. Quodſi tandem fiat $x = r$; erit $r^2 - x^2 = 0$, conſequenter $y^2 = 0$, adeoque ellipſis cum axe tandem concurrit. Unde porro intelligitur, ellipſin eſſe lineam in ſe redeuntem.

PROBLEMA 187.

334. *Determinare quantitatem* Tab. IV. Fig. 46. *rectarum* FM *&* fM *ex utroque foco* F *&* f *ad idem peripheriæ punctum* M *ductarum.*

Sint $FC = fC = c$, reliqua ut ante: erit $PC = \frac{1}{2}a - x$, $Pf = c + \frac{1}{2}a - x$, $PF = c - \frac{1}{2}a + x$, adeoque $PF^2 = c^2 - ac + \frac{1}{4}a^2 + 2cx - ax + x^2$, $= (\frac{1}{2}a - c)^2 + 2cx - ax + x^2$, $Pf^2 = c^2 + ac + \frac{1}{4}a^2 - 2cx - ax + x^2$. $= (\frac{1}{2}a + c)^2 - 2cx - ax + x^2$. Eſt vero (§.430).

$$CB^2 : DC^2 = AP.PB : PM^2$$

$$\frac{1}{4}a^2 : \frac{1}{4}a^2 - c^2 = ax - xx : PM^2$$

Habemus adeo

$$PM^2 = ax - xx - \frac{4ccx}{a} + \frac{4ccxx}{aa}$$

$$PF^2 = (\tfrac{1}{2}a - c)^2 + 2cx - ax + xx$$

$$FM^2 = (\tfrac{1}{2}a - c)^2 + 2cx - \frac{4c^2x}{a} + \frac{4c^2x^2}{aa}$$

$$FM = \tfrac{1}{2}a - c + 2cx : a$$

Porro

$$PM^2 = ax - xx - \frac{4ccx}{a} + \frac{4ccxx}{aa}$$

$$Pf^2 = (\tfrac{1}{2}a + c)^2 - 2cx - ax + xx$$

$$fM^2 = (\tfrac{1}{2}a + c)^2 - 2cx - \frac{4ccx}{a} + \frac{4c^2x^2}{aa}$$

$$fM = \tfrac{1}{2}a + c - 2cx : a$$
$$FM = \tfrac{1}{2}a - c + 2cx : a$$

$$fM + FM = a = AB$$

Theorema. Summa rectarum FM & fM ex utroque foco F & f ad idem peripheriæ punctum M ductarum æquatur axi majori AB.

COROL-

COROLLARIUM 1.

435. Datis ergo axibus conjugatis ellipſis facillime deſcribitur. Determinatis enim focis F & f (§. 427), clavi in iis defigantur & his filum circumligetur F M f axi majori AB æquale. Quodſi immiſſo ſtylo filum extendatur & circa clavos circumducatur, ellipſis deſignabitur.

COROLLARIUM 2.

436. Immo eodem modo geometrice determinatur quodlibet punctum ellipſeos M. Axis enim AB dividitur pro arbitrio utcunque in duas partes, & parte una ex foco F, altera ex foco f deſcribitur arcus: duæ enim hi arcus ſe mutuo ſecabunt in puncto M. Poſſunt autem una eademque opera quatuor ſimul determinari puncta, ſingula nempe in ſingulis quadrantibus AD, DB, BE & EA.

PROBLEMA 188.

Tab. III. Fig. 44. 437. *Determinare quantitatem rectæ* MR *ex quovis ellipſis puncto* M *ad axem conjugatum* DC *perpendicularis.*

Sit MR = PC = v, AC = r, erit AP = $r - v$ & PB = $r + v$. Sit DR = z, DC = c, erit RC = PM = $c - z$, conſequenter (§. 430)

$$DC^2 : CB^2 = PM^2 : AP . PB$$

$$cc : rr = z^2 - 2cz + c^2 : r^2 - v^2$$

$$c^2 : z^2 - 2cz + c^2 = r^2 : r^2 - v^2$$ (§. 173 *Arithm*)

$$2cz - z^2 : c^2 = v^2 : r^2$$ (§. 193 *Arithm.*)

$$2cz - z^2 : v^2 = c^2 : r^2$$ (§. 173 *Arithm.*)

$$DR . RE : RM^2 = DC^2 : AC^2 .$$

Theorema. Rectangulum ex ſegmentis axis conjugati eſt ad quadratum ſemiordinatæ ipſius ut quadratum axis conjugati ad quadratum axis majoris.

COROLLARIUM 1.

438. Habent ergo ad axem conjugatum coordinatæ eandem relationem, quæ inter coordinatas ad axem majorem intercedit.

COROLLARIUM 2.

439. Quoniam $v^2 = \frac{2r^2 z}{c} - \frac{r^2 z^2}{c^2}$ (§. 437); ſi fiat $2r^2 : c = p$, erit $v^2 = pz - pz^2 : 2c$. Eſt adeo p parameter axis conjugati (§ 420). Quare parameter axis conjugati tertia proportionalis ad $2c$ & $2r$, ſeu ad axem conjugatum & axem majorem.

PROBLEMA 189.

440. *Determinare ſubtangentem* PT *& ſubnormalem* PR *in Ellipſi.* Tab. IV. Fig. 47.

Eadem prorſus methodo utendum, qua in parabola uſi ſumus. Nimirum ſit Parameter = b, axis major = a, AP = x, PM = y, MR = t, RA = z; erit PR = $z - x$, conſequenter PM² = $t^2 - z^2 + 2zx - x^2$. Eſt vero etiam PM² = $bx - bx^2 : a$ (§. 421). Quare

COROLLARIUM 3.

443. Creſcentibus abſciſſis x, decreſcit $\frac{1}{2}a-x$, conſequenter ratio $\frac{1}{2}a-x:\frac{1}{2}a$ minuitur (*§. 203 Arithm.*). Abſciſſa igitur major ad AT rationem minorem habet quam minor.

COROLLARIUM 4.

444. Si $x=\frac{1}{2}a$, hoc eſt, quando AC fit abſciſſa, $\frac{1}{2}a-x=0$, conſequenter abſciſſa rationem infinitam habet ad AT, adeoque tangens TM cum ſubtangente TP nunquam concurrit. Eſt igitur axi parallelus.

COROLLARIUM 5.

445. Hinc vero ulterius liquet, quantitatem finitam AC reſpectu infinitæ pro nihilo habendam eſſe.

PROBLEMA 190.

Tab. IV. Fig. 47. 446. *Determinare quantitatem rectanguli ex ſubtangente* PT *in abſciſſam* CP.

Sit PC$=x$, PT$=t$, AC$=r$; erit AP$=r-x$ & PB$=r+x$, CT$=t+x$. Quoniam (*§. 441*)

$$PC : AC = AC : CT$$
$$x : r = r : t+x$$

erit $tx+xx=r^2$

$$tx=r^2-x^2=AP.PB$$

Theorema. Rectangulum ex ſubtangente PT in abſciſſam CP æquatur rectangulo ex ſegmentis axis.

PROBLEMA 191.

447. *Determinare valorem ſubtangentis* PT, *abſciſſis a centro computatis.* Tab. IV. Fig. 47.

Sit AC$=r$, PC$=v$, erit PB$=r+v$, AP$=r-v$, conſequenter (§. 440).

$$PC : PB = AP : PT$$
$$v : r+v = r-v : t$$

$$tv=r^2-v^2$$

Theorema. Rectangulum ex ſubtangente & diſtantia ordinatæ a centro æquatur differentiæ quadrati hujus diſtantiæ a quadrato ſemiaxis transverſi.

PROBLEMA 192.

448. *Determinare quantitatem ſubtangentis* KE *in axe conjugato.* Tab. IV. Fig. 47.

Si tangens TM continuetur, donec axi conjugato continuato in E occurrat, & ex M demittatur perpendicularis MK$=$PC (*§. 157 Geom.*) erit ob parallelismum rectarum KM & CT angulus T$=$EMK (*§. 233 Geom.*), conſequenter (*§. 267 Geom.*)

$$TP : PM = MK : KE$$
$$\frac{r^2-v^2}{v} : y = v : \frac{v^2y}{r^2-v^2}$$

Digitized by Google

Quodſi fiat DC $= c$, DK $= z$, erit KC $=$ PM $= y = c - z$ & $v^2 = \frac{2r^2 z}{c} - \frac{r^2 z^2}{c^2}$. (§.436) Hinc $r^2 - v^2 = (c^2r^2 - 2r^2cz + r^2z^2):c^2$ & $v^2y = (2r^2cz - r^2z^2)(c - z):c^2$. Quare $v^2y:(r^2 - v^2) = (2r^2cz - r^2z^2)(c - z):(c^2r^2 - 2r^2cz + r^2z^2) = (2r^2cz - r^2z^2):(cr^2 - r^2z) = (2cz - z^2)(c - z)$.

Expreſſio itaque ſubtangentis in axe conjugato eadem, quæ in transverſo.

RPOBLEMA 193.

Tab. IV. Fig. 48. 449. *Si recta* HN *tangenti* TM *parallela ducatur & punctum contactus* M *atque centrum* C *jungantur recta* MC, *quæ* HN *ſecat in* G, *determinare rationem rectarum* HG & GN.

Sit AB $= a$, PM $= y$, PC $= c$, FG $=$ KD $= t$, GI $=$ KS $= z$, erit IF $=$ HL $=$ DS $= t - z$, HL$^2 = t^2 - 2tz + z^2$. Opera nunc danda, ut HL^2 alia adhuc ratione exprimatur. Eſt itaque (§. 268 *Geom.*)

$$PM : PC = FG : FC$$
$$y : t = t : (tc:y)$$

Et quia $\triangle$TMP $\backsim$ FOG (§. 233. & 267 *Geom.*), & GIH $\backsim$ FOG (§. 268 *Geom.*); erit etiam TMP $\backsim$ GIH conſequenter (§. 267 *Geom.*)

$$PM : PT = GI : HI$$
$$y : \frac{ax - x^2}{c} = z : \frac{(ax - x^2)z}{cy} \quad (\S.\ 440)$$

Ponamus brevitatis gratia $ax - x^2 = v$; erit FL $=$ HI $= vz:cy$. Ergo CL $=$ FL $+$ FC $= tc:y + vz:cy = (tc^2 + vz):cy$. Hinc AL $=$ AC $-$ CL $= \frac{1}{2}a - (tc^2 - vz):cy = (\frac{1}{2}acy - tc^2 - vz):cy$ & BL $=$ AB $-$ AL $= a - (\frac{1}{2}acy + tc^2 + vz):cy = (\frac{1}{2}acy + tc^2 + r^2z):cy$. Eſt vero (§.429)

$$AP.PB : LA.LB = PM^2 : HL^2$$
$$v : \frac{\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - 2tc^2vz - v^2z^2}{c^2y^2} = y^2 : HL^2$$

Hinc HL$^2 =$

$$\frac{\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - 2tc^2vz - v^2z^2}{c^2v} = t^2 - (2tz + z^2$$

$$\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - 2tc^2vz - v^2z^2 = t^2c^2v - (2tc^2zv + z^2c^2v$$

$$\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - v^2z^2 = t^2c^2v + z^2c^2v$$

$$\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - t^2c^2v = v^2z^2 + c^2vz^2$$

$$\frac{\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - t^2c^2v}{v^2 + c^2v} = z^2$$

Quodſi

Quodſi jam KN dicatur z, reliqua maneant ut ante; reperietur eodem modo $z^2 = \frac{\frac{1}{4}a^2c^2y^2 - t^2c^4 - t^2c^2v}{v^2 + c^2v}$,

conſequenter $KN^2 = KS^2$, adeoque & KN = KS.

Eſt vero (§. 268 *Geom.*) KN : KS = GN : HG. Ergo GN = HG.

Theorema. Si recta HN tangenti TM parallela ducatur, recta MC per contactum M & centrum ellipſis C tranſiens eam bifariam ſecat.

COROLLARIUM 1.

Tab. IV. Fig. 49. 450. Eſt ergo MQ diameter, HN ejus ordinata (§. 368. 370).

COROLLARIUM 2.

451. Cum vero parallelæ HN quamcunque aliam, & rectæ MQ itidem quamcunque aliam ſubſtituere liceat; omnes rectæ per centrum tranſeuntes & in peripheria utrinque terminatæ ſunt diametri, ipſisque coordinatæ ſunt tangentibus parallelæ.

COROLLARIUM 3.

452. Eſt ergo etiam ECV diameter, conſequenter MQ & EV ſunt diametri conjugatæ (§. 374).

PROBLEMA 194.

453. *Si ex diametri* VE *tangenti* TM *parallelæ extremitate* V *perpendicularis* VR *demittatur in axem* AB*; determinare quantitatem rectæ* RC.

Sit CA = r, CR = v, PT = t, PC = x; erit AR = $r - v$, RB = $r + v$, conſequenter AP.PB = tx (§. 446), AR.RB = $r^2 - v^2 = tx + x^2 - v^2$ (§. 447).

Quoniam VE ipſi TM parallela, *per hypoth.* erit MTC = TCV (§. 233 *Geom.*). Quare cum anguli ad P & R ſint recti, *per construct.* erit (§. 267 *Geom.*), PM : RV = TP : RC. Hinc $PM^2 : RV^2 = TP^2 : RC^2$ (§. 124). Eſt vero etiam $PM^2 : RV^2$ = AP.PB : AR.RB (§. 429). Ergo (§. 167 *Arithm.*) Tab. IV. Fig. 49.

$$AP.PB : AR.RB = TP^2 : RC^2$$

$$tx : tx + x^2 - v^2 = t^2 : v^2$$

$$tv^2x = t^3x + t^2x^2 - t^2v^2 \quad | : t$$

$$v^2x = t^2x + tx^2 - tv^2$$

$$tv^2 + xv^2 = t^2x + tx^2 \quad | : t + x$$

$$v^2 = tx$$

hoc eſt, CR^2 = AP.PB.

conſequenter AP : CR = CR : PB.

PROBLEMA 195.

Tab. IV. Fig. 49. 454. *Determinare quantitatem ſemiordinatæ* GH *ad diametrum ellipſis* MQ.

Ductis KI ipſi FD & KG ipſi AB parallelis, fiat CP = x, AC = r, PT = t, PM = y, KG = IL = m, LC = n. Erit (§. 268 *Geom.*)

 CP:

$CP:PM = CL:LG$

$x : y = n : \frac{ny}{x}$

Porro ob parallelas TM & HN *per conſtr.* ang. TSA = KHG (§.233 *Geom.*) adeoque ob rectos ad A & K *per conſtr.* T = HGK (§.246 *Geom.*), & hinc (§.267 *Geom.*).

$TP : PM = KG : KH$

$t : y = m : \frac{my}{t}$

$HI = KI - KH = \frac{ny}{x} - \frac{my}{t}$

$CI = CL + LI = n + m$

$HI^2 = \frac{n^2y^2}{x^2} - \frac{2mny^2}{tx} + \frac{m^2y^2}{t^2}$

$CI^2 = n^2 + 2mn + m^2$

$AI.IB = AC^2 - CI^2 = r^2 - n^2 - 2mn - m^2$ (§.432).

Eſt vero (§.429)

$AP.PB : AI.IB = PM^2 : HI^2$

$r^2 - x^2 : r^2 - n^2 - 2mn - m^2 = y^2 . HI^2$

Unde elicitur $HI^2 = \frac{r^2y^2 - n^2y^2 - 2mny^2 - m^2y^2}{r^2 - x^2}$

Quare

$\frac{n^2y^2}{x^2} - \frac{2mny^2}{tx} + \frac{m^2y^2}{t^2} = \frac{r^2y^2 - n^2y^2 - 2mny^2 - m^2y^2}{r^2 - x^2}$

Sed $\frac{2mny^2}{tx} = \frac{2mny^2}{r^2 - x^2}$ (§.446). Ergo

$\frac{n^2y^2}{x^2} + \frac{m^2y^2}{t^2} = \frac{r^2y^2 - n^2y^2 - m^2y^2}{r^2 - x^2}$

$\div\, y^2$

$\frac{n^2}{x^2} + \frac{m^2}{t^2} = \frac{r^2 - n^2 - m^2}{r^2 - x^2}$

$\times\, x^2$

$n^2 + \frac{m^2x^2}{t^2} = \frac{r^2x^2 - n^2x^2 - m^2x^2}{r^2 - x^2}$

$\frac{m^2x^4}{t^2x^2} = \frac{r^2x^2 - n^2x^2 - m^2x^2 - n^2}{r^2 - x^2}$

$\frac{m^2x^4}{t^2x^2} = \frac{r^2x^2 - n^2x^2 - m^2x^2 - r^2n^2 + n^2x^2}{r^2 - x^2}$

$= \frac{r^2x^2 - m^2x^2 - r^2n^2}{r^2 - x^2}$

hoc eſt, ob $t^2x^2 = (r^2 - x^2)^2$ (§.446)

$m^2x^4 = (r^2x^2 - m^2x^2 - r^2n^2)(r^2 - x^2)$

$= r^4x^2 - r^2m^2x^2 - r^4n^2 - r^2x^4 + m^2x^4 + r^2n^2x^2$

$0 = r^4x^2 - r^2m^2x^2 - r^4n^2 - r^2x^4 + r^2n^2x^2$

$0 = r^2 - m^2 - \frac{r^2n^2}{x^2} - x^2 + n^2$

$m^2 = r^2 + n^2 - x^2 - \frac{r^2n^2}{x^2} = KG^2$

Sit

Digitized by Google

Si jam CM $= v$, erit (§. 268 *Geom.*)

$$CP : CM = CL : CG$$
$$x : v = n : (vn : x)$$

Ergo MG $=$ MG$-$CG $= v - vn : x$
& GQ $=$ GC$+$MC $= v + vn : x$
MG.GQ $= v^2 - v^2 n^2 : x^2$

Quodſi $v^2 - v^2 n^2 : x^2 =$ MG.QG multiplices per $r^2 - x^2 =$ CR^2 (§. 453) & $r^2 + n^2 - x^2 - r^2 n^2 : x^2 =$ KG^2 per $v^2 =$ CM^2; utrobique prodit $r^2 v^2 + n^2 v^2 - x^2 v^2 - r^2 n^2 v^2 : x^2$ Eſt itaque MG.QG.CR^2 $=$ KG^2.CM^2, adeoque (*§.299 Arithm.*) KG^2 : CR^2 $=$ MG.QG : CM^2. Jam ob parallelas EV & HN, *per hypoth.* MCV $=$ MGH (§.233 *Geom.*) & ob parallelas KG & RC, *per conſtr.* MGK $=$ MCR (*§. cit.*). Ergo KGH $=$ RCV (*§. 91 Arithm.*), conſequenter KG^2 : CR^2 $=$ HG^2 : CV^2 (§. 267 *Geom.* & §. 260 *Arithm.*). Unde tandem habetur (§. 167 *Arithm.*) MG.QG : CM^2 $=$ HG^2 : CV^2.

Theorema. In ellipſi eſt quadratum ſemiordinatæ ad quadratum ſemidiametri conjugatæ ut rectangulum ex ſegmentis diametri ad quadratum ſemidiametri.

COROLLARIUM.

455. Sit MQ $= a$, EV $= c$, MG $= x$, HG $= y$, erit GQ $= a - x$, conſequenter (*§. 454*)

$$ax - x^2 : \tfrac{1}{4}a^2 = y^2 : \tfrac{1}{4}c^2$$
$$\tfrac{1}{4}c^2 ax - \tfrac{1}{4}c^2 x^2 = \tfrac{1}{4}a^2 y^2 \quad : \tfrac{1}{4}a$$
$$c^2 x - \frac{c^2 x^2}{a} = ay^2$$

Fiat $\frac{c^2}{a} = b$, erit $c^2 = ab$.

Hinc $abx - bx^2 = ay^2$

Eadem ergo eſt relatio ſemiordinatarum ad diametros, quæ ad axem (*§. 420*) & diametri parameter eſt tertia proportionalis ad diametros a & c.

SCHOLION.

456. *Cum ex hac æquatione fundamentali reliquas ellipſis proprietates reſpectu axis deduxerimus; evidens eſt, omnes quoque iſtas proprietates ellipſi competere intuitu diametri.*

PROBLEMA 196.

457. *Determinare quantitatem rectæ FO ex foco F ad Tangentem Ellipſis TM perpendicularis.* Tab. XII. Fig. 118.

Sit RM ad tangentem TM normalis: erunt MR & OF inter ſe parallelæ (§. 256 *Geom.*), adeoque TR : RM $=$ TF : FO (§. 268 *Geom.*). Porro cum in triangulo rectangulo TMR ſemiordinata PM ſit ad hypothenuſam TR perpendicularis (§. 368. 370); erit Δ PMR $\backsim$ Δ TMP (§. 329 *Geom.*), adeoque

TR:RM=RM:PR (§.267 *Geom.*). Eſt ergo RM:PR=TF:FO (§. 167 *Arithm.*), conſequenter FO.RM PR. TF (§. 378 *Geom.*).

Theorema. Rectangulum ex ſubnormali PR in differentiam diſtantiæ foci a ſemiordinata atque ſubtangentis TF æquale eſt rectangulo ex normali MR & recta ex foco ad tangentem perpendiculari FO.

PROBLEMA 197.

Tab. XII. Fig. 118. 458. *Si in F fuerit focus ellipſis & MR ad eam normalis, HR vero normalis ad FM ex foco ad punctum contactus ductam; determinare quantitatem ſegmentorum MH & HF.*

Sit parameter $=b$, axis $=a$, diſtantia foci a centro $=c$, erit FM $=\frac{1}{2}a-c+2cx:a$ (§.434), PR $=(\frac{1}{2}ab-bx):a$ (§. 440), AT $=\frac{1}{2}ax:(\frac{1}{2}a-x)$ (§. *cit.*) & AF $=\frac{1}{2}a-c$, conſequenter TF $=\frac{1}{2}ax:(\frac{1}{2}a-x)+\frac{1}{2}a-c=ax:(a-2x)+\frac{1}{2}a-c=(\frac{1}{2}a^2-ac-2cx):(a-2x)$. Ducatur FO ad tangentem TM normalis, erit OF parallela ipſi MR (§. 256 *Geom.*), adeoque angulus OFM ipſi HMR æqualis (§. 233 *Geom.*) & hinc ob rectos ad O & H æquales (§.145 *Geom.*) reperitur (§. 267 *Geom.*) FM:FO = MR:MH hoc eſt, $FM:\frac{PR.TF}{MR}=MR:MH$ (§. 457). Eſt itaque MH = (PR.TF): FM, conſequenter FM: TF = PR: MH. Quare

$$\frac{\frac{1}{2}a-c+2cx}{a}:\frac{\frac{1}{2}a^2-ac-2cx}{a-2x}=\frac{ab-2bx}{2a}:MH$$

h.e. $a^2-2ac+4cx:\frac{\frac{1}{2}a^2-ac-2cx}{a-2x}=ab-2bx:MH$ (§. 184 *Arithm.*)

& $\frac{a^2-2ac+4cx}{a-2x}:\frac{\frac{1}{2}a^2-ac-2cx}{a-2x}=b:MH$ (§. 183 *Arithm.*).

Eſt ergo MH $=\frac{1}{2}b$ (§.149 *Arithm.*).

Theorema. Si MR fuerit ad ellipſin normalis & ex R ducatur ad rectam FM ex foco F in idem parabolæ punctum M ductam normalis HR; erit MH parametro dimidiæ æqualis.

DEFINITIO 37.

459. *Hyperbola* eſt linea curva, in qua $ay^2=abx+bxx$, hoc eſt, $b:a=y^2:ax+x^2$, ſeu quadratum ſemiordinatæ eſt ad rectangulum ex abſciſſa in rectam compoſitam ex eadem abſciſſa & recta quadam conſtante, quæ *Axis tranſverſus, vel latus tranſverſum* audit, ut recta alia conſtans, quæ *axis Parameter* dicitur, ad axem tranſverſum.

CO-

COROLLARIUM.

460. Eſt ergo etiam hic ut in ellipſi $y^2 = bx + bx^2 : a$, $b = ay^2 : (ax + xx)$, $a = bxx : (y^2 - bx)$ &c. niſi quod hic contraria ſigna occurrant (§. 421 & ſeqq.).

DEFINITIO 38.

461. In hyperbola *Axis conjugatus* dicitur media proportionalis inter axem transverſum & parametrum, quia talis eſt axis conjugatus in ellipſi (§. 423).

DEFINITIO 39.

Tab. III. Fig. 37. 462. Si axis transverſus AB axi AX in directum jungitur & in C bifariam dividitur; punctum C *Centrum* appellatur.

PROBLEMA 198.

463. *Datis parametro & axe transverſo* AB, *invenire diſtantiam foci a vertice* AF.

Sit parameter $= b$, AB $= a$, erit FN $= \frac{1}{2} b$ (§. 395) & (§. 459).

$$b : a = \tfrac{1}{4} bb : ax + xx$$

$$\tfrac{1}{4} abb = abx + bxx$$

$$\tfrac{1}{4} ab = ax + xx$$

$$\tfrac{1}{4} aa + \tfrac{1}{4} ab = \tfrac{1}{4} aa + ax + xx$$

$$\sqrt{(\tfrac{1}{4} aa + \tfrac{1}{4} ab)} = \tfrac{1}{2} a + x$$

$$\sqrt{(\tfrac{1}{4} aa + \tfrac{1}{4} ab)} - \tfrac{1}{2} a = x$$

Invenitur adeo x quærendo inter $\frac{1}{2} a$ & $\frac{1}{2} a + \frac{1}{2} b$ mediam proportionalem ac inde auferendo $\frac{1}{2} a$. vel: Quia $\sqrt{\frac{1}{4} ab} =$ CE (§. 461), ſi fiat AG $=$ EC, erit GC $= \sqrt{(\frac{1}{4} a^2 + \frac{1}{4} ab)}$. Quare cum ſit AC $= \frac{1}{2} a$, ſi ex centro C radio CG deſcribatur arcus GF axem ſecans in F, erit AF $= \sqrt{(\frac{1}{4} a^2 + \frac{1}{4} ab)} - \frac{1}{2} a$, adeoque in F focus. Tab. III. Fig. 37.

COROLLARIUM 1.

464. Eſt adeo diſtantia foci a centro FC $= \sqrt{(\frac{1}{4} aa + \frac{1}{4} ab)}$. Quare ſi FC$^2 = c^2$; erit CE$^2 = c^2 - \frac{1}{4} a^2$.

COROLLARIUM 2.

465. Quia $ax + xx = \frac{1}{4} ab$ & $ax + xx =$ AF.FB, $\frac{1}{4} ab$ vero quadratum ſemiaxis conjugati (§. 461), rectangulum ex AF in FB huic quadrato æquale eſt.

PROBLEMA 199.

466. *Invenire rationem ſemiordinatarum* PM *&* pm. Tab. III. Fig. 40.

Sit axis transverſus $= a$, parameter $= b$, AP $= x$, PM $= y$, Ap $= v$, pm $= z$; erit (§. 460).

$$y^2 : z^2 = bx + \frac{bxx}{a} : bv + \frac{bv^2}{a}$$

$$ax + xx : bv + v^2 \text{ (§. 124)}$$

$$(a + x)x : (b + v)v$$

Theorema. In hyperbola quadrata ſemiordinatarum ſunt inter ſe ut rectangula

gula ex abſciſſa in rectam quandam compoſitam ex abſciſſa & axe transverſo.

COROLLARIUM.

467. Creſcentibus adeo abſciſſis x, creſcunt quoque rectangula $ax + x^2$, conſequenter & quadrata ſemiordinatarum y^2, adeoque ſemiordinatæ ipſæ. Hyperbola igitur continuo ab axe recedit.

PROBLEMA 200.

468. *Invenire rationem axis transverſi ad axem conjugatum.*

Si axis transverſus $= a$, parameter $= b$, erit quadratum axis conjugati $= ab$ (§. 461). Hoc ergo ad quadratum transverſi, ut ab ad aa, hoc eſt, ut b ad a (§.124).

Theorema. Quadratum axis conjugati eſt ad quadratum transverſi, ut parameter ad axem transverſum.

COROLLARIUM.

469. Quoniam $b : a = PM^2 : AP.PB$ (§. 459); quadratum axis conjugati eſt ad quadratum transverſi ut quadratum ſemiordinatæ ad rectangulum ex abſciſſa in compoſitam ex abſciſſa & axe transverſo.

Tab. III. Fig. 37.

PROBLEMA 201.

470. *Sint duæ hyperbolæ æquales, eandem parametrum, eundem axem transverſum atque conjugatum habentes, quarum axes* AX *&* BY *cum axe transverſo communi* AB *in directum jacent. Ex focis* F *&* f *ad punctum* M *hyperbolæ unius ducantur rectæ* fm *&* FM: *determinare quantitatem harum rectarum.*

Sit $FC = fC = c$, reliqua ut in præcedentibus: erit $AF = c - \frac{1}{2}a$, $AE = c + \frac{1}{2}a$, $PF = x - c + \frac{1}{2}a$, $Pf = c + \frac{1}{2}a + x$, $PF^2 = x^2 - 2cx + c^2 + ax - ac + \frac{1}{4}a^2$, $Pf^2 = c^2 + ac + \frac{1}{4}a^2 + 2cx + ax + x^2$. Jam (§. 464) quadratum ſemiaxis conjugati $CE = cc - \frac{1}{4}aa$. Porro (§. 469)

$$AC^2 : CE^2 = AP.BP : PM^2$$
$$\tfrac{1}{4}aa : cc - \tfrac{1}{4}aa = ax + xx : PM^2$$

Eſt itaque

$$PM^2 = -ax - xx + 4c^2x : a + 4c^2x^2 : a^2$$
$$PF^2 = x^2 - 2cx + c^2 + ax - ac + \tfrac{1}{4}a^2$$

$$FM^2 = c^2 - 2cx - ac + \tfrac{1}{4}a^2 + \frac{4c^2x}{a} + \frac{4c^2x^2}{a^2}$$

$$FM = c - \tfrac{1}{2}a + 2cx : a$$

Similiter

$$PM^2 = -ax - x^2 + 4c^2x : a + 4c^2x^2 : a^2$$
$$Pf^2 = c^2 + ac + \tfrac{1}{4}a^2 + 2cx + ax + x^2$$

fM^2

Digitized by Google

$$fM^2 = c^2 + ac + \tfrac{1}{4}a^2 + 2cx + \frac{4c^2x}{a} + \frac{4c^2x^2}{a^2}$$

$$fM = c + \tfrac{1}{2}a + 2cx : a$$
$$FM = c - \tfrac{1}{2}a + 2cx : a$$

$$fM - FM = a = AB$$

COROLLARIUM 1.

Tab. IV. Fig. 50. 471. Datis ergo axe tranſverſo & diſtantia a vertice, hyperbola motu continuo ita deſcribitur. Scilicet in focis F & f defigantur clavi aut paxilli, quorum alteri in F annectatur filum FMC, altero ſui extremo C regulæ Cf alligatum, quæ ipſum ſuperet axe tranſverſo AB. Altera regulæ extremitas perforata clavo f injiciatur & ſtilo ad filum applicato regula emoveatur.

COROLLARIUM 2.

472. Iisdem datis puncta quotcunque hyperbolæ determinantur, ſi ex foco f intervallo quocunque AB majore deſcribatur arcus, facto fb = AB, intervallo reſiduo bm ex F ducatur arcus alius priorem in m interſecans, erit enim ob fm — Fm = AB, m punctum hyperbolæ (§. 470). Vel commodius hyperbola ita deſcribitur: Fiat AB axi tranſverſo æqualis determinenturque foci f & F (§. 463). Jungatur ipſi fO recta fK ſub angulo acuto quocunque & ex centro f radiis ipſa fA majoribus deſcribantur arcus quotcunque concentrici ſecantes rectam fK in I, II, III &c. Fiat fL = AB & ex foco F intervallis LI, LII, LIII &c. interſecentur arcus iſti utrinque in 1, 2, 3: erunt puncta 1, 2, 3 &c. in hyperbola. Eſt enim f1 = fI, fII = f2, fIII = f3 &c. (§. 40 *Geom.*). Sed F1 = LI, F2 = LII, F3 = LIII &c. *per conſtr.* Ergo f1 — F1 = fI — LI = AB, f2 — F2 = fII — LII = AB, f3 — F3 = fIII — LIII = AB &c. conſequenter puncta 1, 2, 3 &c. in hyperbola (§. 470).

Tab. XII. Fig. 119. (*Wolffii Math. Tom. I.*)

PROBLEMA 202.

473. *Determinare ſitum rectæ DE, quæ per verticem A ipſi ordinatæ Mm parallela ducitur.* Tab. IV. Fig. 51.

Sit AP = x, PM = y, parameter = b, axis tranſverſus = a: erit $y^2 = bx - bx^2 : a$ (§. 460). Quoniam in vertice A fit $x = 0$; erit etiam $y = 0$, conſequenter DE tota extra hyperbolam cadit, eamque adeo tangit.

Theorema. Si recta DE per verticem A ordinatis Mm parallela ducatur; hyperbolam in A tangit.

DEFINITIO 40.

474. Si recta DE per verticem hyperbolæ A ordinatis Mm parallela ducatur, fiatque axi conjugato æqualis, nempe pars DA & AE ſemiaxi; præterea ex centro C per D & E Tab. IV. Fig. 51.

Digitized by Google

D & E agantur rectæ CF & CG: rectæ hæ dicuntur *Aſymptotæ hyperbolæ*.

COROLLARIUM 1.

475. Quoniam (§. 268 *Geom.*) CA : AE = CP : P*r* & CA : (DA) AE = CP : PR; erit P*r* = PR (§. 177 *Arithm.*). Quare cum ſit PM = P*m* (§. 370); erit quoque MR = *mr* (§ 91 *Arithm.*).

COROLLARIUM 2.

476. Si AI ducatur parallela ipſi DC & AH ipſi CE; erit EA : ED = AI : DC (§. 268 *Geom.*). Sed EA = $\frac{1}{2}$ ED (§. 474). Ergo AI = $\frac{1}{2}$ DC = $\frac{1}{2}$ CE. Et quoniam porro EA : AD = EI : IC (§. 268 *Geom.*); erit EI = CI = $\frac{1}{2}$ EC, conſequenter AI = CI (§. 87).

DEFINITIO 41.

477. Quadratum rectæ CI vel AI dicitur *Potentia hyperbolæ*.

PROBLEMA 203.

478. *Determinare potentiam hyperbolæ.*

Sit $CA = \frac{1}{2}a$, $AE = \frac{1}{2}c$, erit $CE = \sqrt{(\frac{1}{4}aa + \frac{1}{4}cc)}$ (§. 417 *Geom.*) adeoque $CI = \frac{1}{2}\sqrt{(\frac{1}{4}aa + \frac{1}{4}cc)}$. Ergo $CI^2 = \frac{aa+cc}{16}$.

Theorema: Potentia hyperbolæ eſt decima ſexta pars quadratorum axium conjugatorum, vel quarta pars quadratorum ſemiaxium conjugatorum.

COROLLARIUM.

479. Quoniam $cc = ab$ (§. 461); erit $CI^2 = \frac{aa+ab}{16} = \frac{1}{4}a(\frac{1}{4}a + \frac{1}{4}b)$, hoc eſt, potentia hyperbolæ æquatur rectangulo ex quarta parte axis tranſverſi in quartam partem aggregati ex axe tranſverſo & parametro.

RPOBLEMA 204.

480. *Determinare differentiam quadratorum* PM *&* PR. Tab IV. Fig. 51.

Quoniam $DA = \sqrt{\frac{1}{4}ab}$ (§.461) & $CP = \frac{1}{2}a + x$; præterea (§.268 *Geom.*).

$$CA : AD = CP : PR$$
$$\frac{1}{2}a : \sqrt{\frac{1}{4}ab} = \frac{1}{2}a + x : PR$$

erit $PR = (\frac{1}{2}a\sqrt{\frac{1}{4}ab} + x\sqrt{\frac{1}{4}ab}) : \frac{1}{2}a = \sqrt{\frac{1}{4}ab} + 2x\sqrt{\frac{1}{4}ab} : a$. Quare

$$PR^2 = \frac{1}{4}ab + bx + bx^2 : a$$
$$PM^2 = \phantom{\frac{1}{4}ab +} bx + bx^2 : a \text{ (§.460)}$$
$$PR^2 - PM^2 = \frac{1}{4}ab = DA^2.$$

Theorema. Si in hyperbola ſemiordinata PM producatur, donec aſymptoto in R occurrat; erit differentia quadratorum PM & PR æqualis quadrato ſemiaxis conjugati DA.

COROLLARIUM.

481. Creſcente adeo ſemiordinata PM, decreſcit recta PR, conſequenter MR, adeoque hyperbola ad aſymptotum propius accedit. Nunquam tamen cum ea concurrere poteſt, quia cum ſit $PR^2 - PM^2 = DA^2$, fieri nequit, ut $PR^2 - PM^2 = 0$ evadat.

SCHO-

Digitized by Google

SCHOLION.

482. *En rationem, cur lineas CF & CG ἀσυμπτώτους ſeu non coincidentes vocaverint veteres.*

PROBLEMA 205.

483. *Determinare quantitatem rectanguli ex* MR *in* Mr.

Sit PR $=z$, PM $=y$; erit MR $= z-y$, MR $=z+y$, conſequenter MR.Mr $=z^2-y^2=$ PR^2 – PM^2.

Theorema. In hyperbola rectangulum ex MR & Mr æquatur differentiæ quadratorum PR^2 & PM^2.

COROLLARIUM.

484. Idem ergo rectangulum æquale eſt quadrato ſemiaxis conjugati DA (§. 480), conſequenter omnia rectangula eodem modo formata æqualia ſunt.

PROBLEMA 206.

Tab. IV. Fig. 51. 485. *Si* QM *&* ſm *cum aſymptoto* CG, qm *&* SM *cum altera* CF *parallelæ ducantur; determinare rationem rectangulorum* QM.MS *&* qm.mſ.

Sit MR $= mr = a$, Rm $=$ rM $= b$, QM $=v$, $mq=z$. Erit (§. 268 *Geom.*)

$$RM : MQ = Rm : mſ$$
$$a : v = b : (bv : a)$$
$$rm : mq = rM : MS$$
$$a : z = b : (bz : a)$$

Eſt ergo MQ.MS $= bvz : a$ & $mq.mſ = bvz : a$, conſequenter MQ.MS $= mq.mſ$.

Theorema. Si QM & $mſ$ cum aſympto CG, qm vero & MS cum altera CF parallelæ ducantur; rectangula ex QM in MS & qm in $mſ$ æqualia ſunt.

COROLLARIUM.

486. Quoniam Cq $=ſm$ & CQ $=$ SM (§. 257 *Geom.*); etiam rectangula ex Cq in qm & ex CQ in QM æqualia ſunt.

PROBLEMA 207.

487. *Determinare rationem rectanguli ex* qm *in* mſ *ad potentiam hyperbolæ ſeu* AI^2. Tab. IV. Fig. 51.

Sit $mr=z$, $qm=y$, AE $=c$: erit, ob parallelas AE & Pr, ang. E $=r$, & ob parallelas AI & qm, ang. I $= q$ (§. 233 *Geom.*); conſequenter (§. 268 *Geom.*).

$$mr : qm = AE : AI$$
$$z : y = c : \frac{cy}{z}$$

Porro ob mR.mr $=$ AE^2 (§. 484) erit (§. 299 *Arithm.*).

$$mr : AE = AE : mR$$
$$z : c = c : \frac{cc}{z}$$

Denique ob parallelas $ſm$ & CE $o=x$ & ob parallelas DE & Rm, $x=y$ (§. 233 *Geom.*) adeoque $o=y$ (§. 87 *Arithm.*). Similiter ob parallelas AI & CR, angulus IAE $=$ CDE & ob parallelas DE & Rm,

 CDE

CDE $=$ ſRm (ſ. 233 *Geom.*). Ergo IAE $=$ R (ſ. 87 *Arithm.*), conſequenter (ſ. 267 *Geom.*)

$$AE : IE = mR : ſm$$
$$c : \frac{cy}{z} = \frac{cc}{z} : \frac{ccy}{zz}.$$

Quare $ſm.qm = ccyy : zz$. Eſt vero etiam $AI^2 = c^2y^2 : z^2$. Ergo $ſm.qm = AI^2$.

Theorema. Si qm cum aſymptoto CF parallela ducatur, rectangulum ex qm in Cq æquatur potentiæ hyperbolæ.

COROLLARIUM 1.

488. Quare ſi fiat $CI = AI = a$, $Cq = x$ & $qm = y$; erit $a^2 = xy$: quæ eſt æquatio naturam hyperbolæ intra aſymptotos declarans.

COROLLARIUM 2.

489. Datis ergo aſymptotis poſitione & latere potentiæ hyperbolæ CI vel AI, ſi in una aſymptotorum CG ſumantur abſciſſæ quotcunque, invenientur totidem ſemiordinatæ & per eas puncta quorlibet hyperbolæ determinabuntur, quærendo ad abſciſſas & latus potentiæ CI tertias proportionales (§. 271 *Geom.*). Nimirum ſint AB & AC aſymptoti, AD
Tab. XII. Fig. 120. $= DI = a$ latus potentiæ hyperbolæ. Sit $AP = x$. Ducatur FG parallela ipſi AC & PN parallela ipſi DI; erit $PN = DI$ (ſ. 257 *Geom.*) $= a$. Ducatur AN ſecans DI in H: erit (§. 268 *Geom.*)

$$AP : PN = AD : DH$$
$$x : a = a : DH$$

adeoque $DH = a^2 : x$. Quare ſi fiat PM $(= y) =$ DH: erit $y = a^2 : x$, conſequenter $yx = a^2$, adeoque punctum M in hyperbola (§. 488).

COROLLARIUM 3.

490. Quodſi abſciſſæ non computentur a centro C, ſed ab alio quovis puncto L, dicaturque $CL = b$; erit $Cq = b + x$, conſequenter $a^2 = by + xy$.

PROBLEMA 208.

491. *Determinare in hyperbola ſubtangentem* PT *& ſubnormalem* PR. Tab. III. Fig. 42.

Si parameter $= b$, axis transverſus $= a$, $AP = x$, $PM = y$, $RM = z$, $RA = t$, erit $PR = t - x$, $RM^2 = z^2 - t^2 + 2tx - x^2$. Quare (§. 417 *Geom.*)

$$z^2 - t^2 + 2tx - x^2 = bx + bx^2 : a$$

$$az^2 - at^2 + 2atx - ax^2 = abx + bx^2$$

$$\begin{array}{l} bx^2 + ax^2 + abx + at^2 = 0 \\ \qquad\quad - 2atx - az^2 \end{array} \Big/ \, b + a$$

$$x^2 + \frac{(ab - 2at)x}{b + a} + \frac{(at^2 - a^2)z^2}{b + a} = 0$$

Fiat jam ob rationes ſupra (ſ. 410) allatas $x - v = 0$: erit $x^2 - 2vx + v^2 = 0$, & quia hæc æquatio eadem cum præcedente, habetur

$$\frac{ab - 2at}{b + a} = -2v$$

$$\overline{\qquad\qquad} \; b + a$$

ab —

$$ab - 2at = -2bv - 2av$$

$$ab + 2bv + 2av = 2at$$

$$\frac{\frac{1}{2}b + bv + v}{a} = t$$

hoc eſt, quia $x = v$,
$\frac{1}{2}b + bx : a + x = t = RA$.

Ergo $PR = \frac{1}{2}b + bx : a + x - x = \frac{1}{2}b + bx : a = (\frac{1}{2}a + x)b : a$.

Theorema In hyperbola eſt ut axis transverſus ad parametrum, ita aggregatum ex ſemiaxe transverſo & abſciſſa ad ſubnormalem.

Porro (§. 409)

$$PR : PM = PM : PT$$
$$\frac{(\frac{1}{2}a + x)b}{a} : V\frac{(bx + bx^2)}{a} = V\frac{(bx + bx^2)}{a} :$$

Reperitur ergo $PT = (abx + bx^2) : (\frac{1}{2}a + x)b = (ax + x^2) : (\frac{1}{2}a + x)$.

Theorema. In hyperbola eſt ut aggregatum ex ſemiaxe transverſo & abſciſſa ad abſciſſam ita aggregatum ex integro axe transverſo & abſciſſa ad ſubtangentem.

Denique $AT = (ax + x^2) : (\frac{1}{2}a + x) - x = (ax + x^2 - \frac{1}{2}ax - x^2) : (\frac{1}{2}a + x) = \frac{1}{2}ax : (\frac{1}{2}a + x)$.

Theorema. In hyperbola eſt ut aggregatum ex ſemiaxe transverſo & abſciſſa ad abſciſſam, ita ſemiaxis transverſus ad rectam AT inter verticem & tangentem intercepta.

PROBLEMA 209.

492. *Ducta* NO *tangenti* TM *parallela, & ex centro* C *per contactum* M *recta* CQ, *quae* NO *ſecat in* G, *determinare rationem ſegmentorum* GN *&* GO. Tab. V. Fig. 52.

Demittatur ex N perpendicularis NS ad axem AS continuanda in D, donec rectæ OD axi AS parallelæ occurrat in D. Ducantur porro HG ad ND & GF, MP, OL ad axem AS perpendiculares: erit GI ipſi PM parallela (§. 256 *Geom.*). Sit AB axis transverſus $= a$, $AP = x$, $PM = y$, $PC = \frac{1}{2}a + x = p$, $GI = HS = v$, $GF = HD = z$, erit $IF = DS = LO = z - v$, & (§. 268 *Geom.*)

$$PM : PC = GI : IC$$
$$y : p = v : \frac{pv}{y}.$$

Ob parallelas TM & GO (§. 233 *Geom.*) angulus $K = T$ & ob parallelas KI & OF *per conſtr.* angulus $K = O$, conſequenter $O = T$. Quare cum præterea F & P ſint recti; erit (§. 267 *Geom.*)

$$PM : PT = GF : FO$$
$$y : \frac{ax + x^2}{\frac{1}{2}a + x} = z : \frac{(ax + x^2)z}{(\frac{1}{2}a + x)y}$$

Ponatur brevitatis gratia $ax + x^2 = q$ & $\frac{1}{2}a + x = p$ ut ante; erit FO

$FO = qz : py$. Ergo $LC = IC - FO = pv : y - qz : py = (p^2v - qz) : py$ & $LA = LC - AC = (p^2v - qz - \frac{1}{2}apy) : py$, $LB = LC + CB = (p^2v - qz + \frac{1}{2}apy) : py$. Eſt vero (§.466)

$AP.PB : AL.LB = PM^2 : OL^2$

$$q : \frac{p^4v^2 - 2p^2qzv + q^2z^2 - \frac{1}{4}a^2p^2y^2}{p^2y^2} = y^2 : OL^2$$

Quare

$$OL^2 = \frac{p^4v^2 - 2p^2qzv + q^2z^2 - \frac{1}{4}a^2p^2y^2}{p^2q}$$

Jam $yy = (ax + xx)\,b : a$ (§.459). Cum itaque poſuerimus $ax + xx = q$; $yy = bq : a$. Hoc valore in expreſſione ipſius OL^2 ſubſtituto habetur $OL^2 = \frac{p^4v^2 - 2p^2qzv + q^2z^2 - \frac{1}{4}ap^2bq}{p^2q}$. Enimvero $LO^2 = z^2 - 2zv + v^2$. Habemus adeo

$$z^2 - 2zv + v^2 = \frac{p^4v^2 - 2p^2qzv + q^2z^2 - \frac{1}{4}ap^2bq}{p^2q}$$

$$p^2qz^2 - 2p^2qzv + p^2qv^2 = p^4v^2 - 2p^2qzv + q^2z^2 - \frac{1}{4}ap^2bq$$

$$\frac{1}{4}ap^2bq + p^2qv^2 - p^4v^2 = q^2z^2 - p^2qz^2$$

$$\frac{\frac{1}{4}ap^2bq + p^2qv^2 - p^4v^2}{q^2 - p^2q} = z^2.$$

Quodſi HN dicatur z & calculus eodem modo inſtituatur; reperietur denuo $z^2 = \frac{\frac{1}{4}ap^2bq + p^2qv^2 - p^4v^2}{p^2 - p^2q}$. Tab. IV. Fig. 47.

Unde liquet eſſe $HN^2 = GF^2 = HD^2$, conſequenter $HN = HD$. Quoniam igitur (§.268 *Geom.*) $HN : HD = NG : GO$; erit $NG = GO$.

Theorema. Recta CQ ex centro C per contactum M ducta dividit rectas NO tangenti TM parallelas bifariam.

COROLLARIUM.

493. Eſt itaque CQ diameter, NO ordinatim ad eam applicata (§.368); MC vero eſt ſemidiameter tranſverſa.

PROBLEMA 210.

494. *Ductis duabus rectis* Hm *&* mK *ex eodem hyperbolæ puncto* m, *utrinque in aſymptotis* CQ *&* CT *terminatis, itidemque duabus aliis* LN *&* NO *prioribus parallelis; determinare rationem rectangulorum* Hm.mK *&* LN.NO. Tab. V. Fig. 53.

Ducantur ordinatæ ad axem utrinque usque ad aſymptotos continuandæ Rr & QT.

Sit $Rm = y$, $QN = z$, $TN = t$. Quoniam $Rm.mr = QN.NT$ (§. 484); erit (§.299 *Arithm.*)

$$Rm : QN = TN : mr$$

$$y : z = t : \frac{tz}{y}$$

Sit

Sit porro $Hm = a$, $mK = b$. Quoniam ob parallelas *mr* & NT, angulus $r = T$ & ob parallelas K *m* & NO, $K = O$ (§. 233 *Geom.*) erit (§. 267 *Geom.*)

$$mr : Km = TN : NO$$
$$\frac{tz}{y} : b = t : \frac{by}{z}$$

Ob ſimilem rationem, nempe ſimilitudinem △△ QLN & RH*m*

$$Rm : Hm = QN : LN$$
$$y : a = z : \frac{az}{y}$$

Ergo $LN \cdot NO = abzy : zy = ab$. Eſt vero etiam $Hm.mK = ab$. Sunt igitur duo iſta rectangula æqualia.

Theorema. Si intra aſymptotos hyperbolæ ex ejus puncto *m* ducantur utcunque duæ rectæ H*m* & *m*K & iis aliæ duæ parallelæ LN & NO; erit $Hm.mK = LN.NO$.

Idem invenitur, ſi ductæ rectæ H*mk* agatur parallela LN*o*. Nempe in hoc etiam caſu $Hm.mK = LN.NO$.

COROLLARIUM.

495. Omnia igitur rectangula ex rectis eidem H*k* vel duabus H*m* & *m*K parallelis eodem modo formata inter ſe æqualia ſunt.

PROBLEMA 211.

Tab. V. Fig. 54. 496. *Si recta* H*k utcunque intra aſymptotos* CQ *&* CT *ducatur, determinare rationem ſegmentorum* HE *&* mk *inter hyperbolam & aſymptotos interceptorum.*

Ducantur per E & *m* rectæ IG & R*r* ad axem normales, fiatque $Rm = a$, $IE = b$, $EG = c$, $Hm = x$, $mk = y$. Quia $IE.EG = Rm.mr$ (§. 484); erit (§. 299 *Arithm.*)

$$mR : IE = EG : mr$$
$$a : b = c : \frac{bc}{a}$$

Porro ob IG ipſi R*r* parallelam (§. 268 *Geom.*)

$$mR : Hm = IE : EH$$
$$a : x = b : \frac{bx}{a}$$

$$rm : km = EG : Ek$$
$$\frac{bc}{a} : y = c : \frac{ay}{b}$$

Eſt itaque $Ek \cdot EH = abxy : ab = xy = Hm.mk$ Quare

$$Ek : mk = mH : HE$$
$$Ek - mk : mk = mH - HE : HE$$ (§. 193 *Arithm.*)

h. e. $Em : mk = Em : HE$,

conſequenter $mk = HE$ (§. 177 *Arithm.*).

Theorema. Si inter aſymptotos recta H*k* utcunque ducatur, ſegmenta HE & *m*K inter hyperbolam & aſymptotos utrinque intercepta æqualia ſunt.

CO-

Digitized by Google

COROLLARIUM 1.

497. Quando fit $Em = 0$; recta H k hyperbolam tangit. Tangens adeo FD inter aſymptotos intercepta in contactu V bifariam dividitur.

COROLLARIUM 2.

498. Rectangulum itaque ex ſegmentis Hm & mk rectæ tangenti FD parallelæ æquatur quadrato tangentis dimidiæ DV (§.495).

PROBLEMA 212.

Tab. V. Fig. 54. 499. *Determinare relationem ſemiordinatæ* PM *ad diametri abſciſſam* AP.

Sit AB diameter tranſverſa, DE diameter conjugata, adeoque ordinatæ NM parallela, in C centrum hyperbolæ & CQ atque CR ſint ejus aſymptotæ. Fiat $DA = c$, $CA = r$, $PM = y$, $CP = v$ & $CB = AC$: erit (§.268 *Geom.*)

$$CA : DA = CP : PR$$
$$r : c = v : \frac{cv}{r}$$

Quare $RM = \frac{cv}{r} - y = \frac{cv - ry}{r}$ & $MQ = \frac{cv + ry}{r}$, conſequenter $RM.MQ = (c^2v^2 - r^2y^2) : r^2$. Eſt vero $RM.MQ = DA^2 = c^2$ (§.498). Habemus itaque

$$(c^2v^2 - r^2y^2) : r^2 = c^2$$
$$\overline{}\, r^2$$
$$c^2v^2 - r^2y^2 = r^2c^2$$
$$c^2v^2 - r^2c^2 = r^2y^2$$

quæ æquatio in hanc reſolvitur analogiam,

$$y^2 : v^2 - r^2 = c^2 : r^2$$
$$PM^2 : AP.PB = DA^2 : AC^2$$

Eſt nimirum $BP = BC + CP = r + v$ & $AP = CP - CA = v - r$, adeoque $AP.PB = (v - r)(v + r) = v^2 - r^2$.

Theorema. Quadratum ſemiordinatæ in hyperbola eſt ad rectangulum ex abſciſſa & aggregato ex diametro tranſverſa AB & abſciſſa AP, ut quadratum ſemidiametri conjugatæ AD ad quadratum ſemidiametri tranſverſæ CA.

COROLLARIUM.

500. Quodſi fiat $AP = x$, & $2r = AB = a$, erit $v^2 - r^2 = ax + x^2$, conſequenter $y^2 = (c^2ax + c^2x^2) : \frac{1}{4}aa = \frac{4c^2x}{a} + \frac{4c^2x^2}{a^2}$. Fiat $4c^2 : a = b$; erit $y^2 = bx + bx^2 : a$. Eadem ergo æquatio hyperbolæ naturam definit reſpectu diametri, quæ eam exprimit reſpectu axis, eſtque parameter tertia proportionalis ad diametros conjugatas DE & AB. Unde liquet easdem proprietates hyperbolæ competere reſpectu diametri, quæ ſuperius

perius ex æquatione fundamentali reſpectu axis deduximus.

PROBLEMA 213.

Tab. V. Fig. 54. 501. *Ductis AF & TN aſymptoto CR parallelis, determinare rationem rectanguli ex TN in TC ad rectangulum ex AF in FC.*

Sit CF = a, AF = b, AD = c, RN = z, erit ob AE = DA etiam EF = FC = a (§. 268 *Geom.*). Et quoniam RN.NQ = DA² (§. 498), erit (§. 199 *Arithm.*).

$$RN : DA = DA : NQ$$
$$z : c = c : \frac{c^2}{z}$$

Porro (§. 268 *Geom.*)

$$AE : AF = QN : TN$$
$$c : b = \frac{c^2}{z} : \frac{bc}{z}$$
$$AE : FE = QN : TQ$$
$$c : a = \frac{c^2}{z} : \frac{ac}{z}$$
$$QN : QT = RN : TC$$
$$\frac{c^2}{z} : \frac{ac}{z} = z : \frac{az}{c}$$

Ergo $TC.TN = \frac{azbc}{cz} = ab = C$ F.AF.

Theorema. Si ex vertice A & quocunque parabolæ puncto N ducantur AF & TN cum aſymptoto CR parallelæ; erit rectangulum ex TN in TC æquale rectangulo ex FA in FC.

COROLLARIUM.

502. Quodſi adeo fiat TC = x, TN = y; æquatio hyperbolæ naturam inter aſymptotos reſpectu diametri declarans erit $xy = ab$.

PROBLEMA 214.

503. *Determinare quantitatem rectæ FO ex foco F ad Tangentem hyperbolæ TM perpendicularis.* Tab. XII. Fig. 118.

Eodem prorſus, quo ſupra (§. 457), modo reperitur FO.RM = PR.TF, ut verba ſingula huc tranſcribere liceat.

Theorema. Rectangulum ex ſubnormali PR in differentiam diſtantiæ foci a ſemiordinata atque ſubtangentis TF æquale eſt rectangulo ex normali MR & recta ex foco ad tangentem perpendiculari.

PROBLEMA 215.

504. *Si in F fuerit focus hyperbolæ & MR ad eam normalis, HR vero normalis ad FM ex foco F ad punctum contactus M ductam; determinare quantitatem ſegmentorum MH & HF.* Tab. XII. Fig. 118.

Sit parameter = b, axis = a, diſtantia foci a centro = e, erit FM

 = c

Digitized by Google

$=c-\frac{1}{2}a+2cx:a$ (§. 470), PR$=(\frac{1}{2}ab+bx):a$ & AT$=\frac{1}{2}ax:(\frac{1}{2}a+x)$ (§. 491), AF$=c-\frac{1}{2}a$, TF$=\frac{1}{2}ax:(\frac{1}{2}a+x)+c-\frac{1}{2}a=ax:(a+2x)+c-\frac{1}{2}a=(ac-\frac{1}{2}a^2+2cx):(a+2x)$. Ducta FO ad Tangentem TM parallela, reperitur prorſus ut ſupra, iisdem retentis verbis, FM: TF=PR:MH (§.458). Quare

$$\frac{c-\frac{1}{2}a+2cx}{a} : \frac{ac-\frac{1}{2}a^2+2cx}{a+2x} = \frac{\frac{1}{2}ab+bx}{a}:\text{MH}$$

h. e. $2ac-a^2+4cx : \frac{ac-\frac{1}{2}a^2+2cx}{a+2x} = ab+2bx:\text{MH}$ (§.184 *Arithm.*)

$$\frac{2ac-a^2+4cx}{a+2x} : \frac{ac-\frac{1}{2}a^2+2cx}{a+2x} = b:\text{MH}$$ (§. 183 *Arithm.*).

Eſt ergo MH$=\frac{1}{2}b$ (§.149 *Arith.*).

Theorema. Si MR fuerit ad hyperbolam normalis & ex R ducatur ad FM ex foco F ad punctum contactus M ductam normalis HR; erit MH parametro dimidiæ æqualis.

DEFINITIO 42.

Tab. IV. Fig. 51. 505. *Hyperbola æquilatera* dicitur, in qua axes conjugati AB & DE ſunt æquales.

COROLLARIUM 1.

506. Cum parameter ſit tertia proportionalis ad axes conjugatos (§. 461); ipſa etiam axibus æqualis eſt.

COROLLARIUM 2.

507. Quare ſi in æquatione $y^2=bx+bx^2:a$ fiat $b=a$; æquatio $y^2=ax+x^2$ naturam hyperbolæ æquilateræ declarat.

COROLLARIUM 3.

508. Hinc quadrata ordinatarum y^2 & z^2 ſunt inter ſe ut $ax+x^2$ & $av+v^2$, hoc eſt, ut rectangula ex abſciſſis in rectas compoſitas ex abſciſſis & axe determinato vel parametro.

COROLLARIUM 4.

509. Si ſint CP$=x$, CA$=r$, erit AP$=x-r$ & PB$=r+x$, conſequenter $y^2=r^2-x^2$

COROLLARIUM 5.

510. Quoniam AE$=$CA (§.506); erit ACE angulus ſemirectus (§. 241 *Geom.*), conſequenter angulus aſymptotorum FCG in hyperbola æquilatera rectus.

PROBLEMA 216.

511. *Inveſtigare naturam curvæ, quæ oritur, ſi conus* ABC *ita ſecetur ut ſectionis axis* DE *ſit lateri Coni* AC *parallelus, ipſum vero planum ſectionis* DLN *ad baſin ſectionis triangularis* AB *perpendicularis.* Tab. V. Fig. 55.

Secetur conus plano HMI baſi ANB parallelo: erit HMI circulus

lus (§. 468 *Geom.*), conſequenter cum uterque circulus HMI & ANB per ſectionem triangularem ACB ſecetur in HI & AB & a ſectione data in PM & LN; erunt cum HI & AB, tum PM & LN inter ſe parallelæ (§. 499 *Geom.*). Quare cum ſit EN perpendicularis ad AB *per hypoth.* erit etiam PM perpendicularis ad HI (§. 492 *Geom.*), conſequenter cum DE & HI, itemque DE & AB ſint in eodem plano ſectionis triangularis, EN & PM etiam perpendiculares ſunt ad DE (§. 484 *Geom.*) adeoque ſemiordinatæ ad axem DE applicatæ (§. 368. 370). Et quia AH parallela ipſi EP *per hypoth.* HP parallela ipſi AE *per demonſtr.* erit HP = AE (§. 257 *Geom.*). Sit jam AE = HP = v, PI = t, DP = x, DE = z; erit (§. 268 *Geom.*)

$$DP : DE = PI : EB$$
$$x : z = t : \frac{tz}{x}$$

Ergo $PM^2 = HP . PI$ (§. 377) = tv & $EN^2 = AE.EB$ (§. *cit.*) = $tzv:x$. Eſt ergo (poſitis $PM^2 = y^2$, $EN^2 = q^2$)

$$y^2 : q^2 = tv : \frac{tzv}{x}$$

hoc eſt $\quad tvx : tzv \quad$ (§. 124).
$$x : z$$

Eſt itaque curva DMNLD parabola (§. 402).

PROBLEMA 217.

512. *Si Conus* ABC *ita ſecetur, ut axis ſectionis* DE *cum diametro baſis* AB *continuata in* F *concurrat, & planum ſectionis continuatum eam ad angulos rectos ſecet, invenire naturam curvæ ex hac ſectione prodeuntis* DMNELD. Tab. V. Fig. 56.

Eodem, quo ante (§. 511) modo oſtenditur eſſe PM & QM cum ſemiordinatas circulorum IMH & LNK, tum ellipſeos DMNE. Sit jam DE = a, DP = x, DQ = v, PH = t, QL = $ſ$; erit PE = $a - x$, QE = $a - v$ & (§. 268 *Geom.*)

$$DP : PH = DQ : QK$$
$$x : t = v : \frac{vt}{x}$$

$$EQ : QL = EP : PI$$
$$a-v : ſ = a-x : \frac{ſa-ſx}{a-v}$$

Quare (§. 377) $PM^2 = HP . PI = (tſa - tſx) : (a-v)$ & $QN^2 = KQ . QL = vtſ : x$. Eſt adeo

$$PM^2 : QN^2 = \frac{tſa-tſx}{a-v} : \frac{vtſ}{x}$$

hoc eſt $tſax - tſx^2 : avtſ - v^2tſ$
(§. 124) $\quad ax - x^2 : av - v^2$

 Eſt

Eſt itaque curva DMNELD Ellipſis (§. 429).

PROBLEMA 218.

Tab. IV. Fig. 57. 513. *Si Conus* ABC *ita ſecetur, ut axis ſectionis* DQ *continuatus cum latere Coni* AC *continuato in* E *concurrat, planum vero ſectionis* DLN *ſecet diametrum baſis* AB *ad angulos rectos: invenire naturam curvæ* DLN, *quæ ex hac ſectione reſultat.*

Eodem modo, quo paulo ante (§. 511), oſtenditur, QN & PM eſſe ſemiordinatas cum circulorum HMI atque ANB, tum hyperbolæ DMN.

Sit $ED=a$, $DP=x$, $DQ=v$, $PH=t$, $PI=ſ$; erit $EP=a+x$, $EQ=a+v$ & (§. 268 *Geom.*)

$$EP : PH = EQ : AQ$$
$$a+x : t = a+v : \frac{at+vt}{a+x}$$

$$DP : PI = DQ : QB$$
$$x : ſ = v : \frac{ſv}{x}$$

Ergo $HP.PI = tſ$ & $AQ.QB = (atſv+v^2tſ):(ax+x^2)$, conſequenter ob $PM^2 = HP.PI$ & $QN^2 = AQ.QB$ (§. 477).

$$PM^2 : QN^2 = tſ : \frac{atſv+v^2ſt}{ax+x^2}$$

hoc eſt, (§.124) $$1 : \frac{av+v^2}{ax+x^2}$$
$$ax+x^2 : av+v^2$$

Eſt itaque DLN hyperbola (§. 466), DE ejus axis transverſus, E vertex hyperbolæ oppoſitæ.

SCHOLION.

514. *Hinc intelligimus, quod ſtatim ab initio parabolam, hyperbolam atque ellipſin tanquam ex Cono ſectas proponere & ex indole ſectionis æquationem fundamentalem eruere licuiſſet, niſi nobis conſtitutum fuiſſet oſtendere, quomodo ex æquationibus utcunque aſſumtis vel datis curvarum proprietates ac deſcriptiones per algebram & arithmeticam ſpecioſam eruere debeamus. Immo potuiſſent quoque (quod faciunt alii) earundem curvarum per motum continuum deſcriptiones fundamenti loco aſſumi & inde æquationes elici: quod ut appareat, unum de ellipſi exemplum propoſuiſſe ſuffecerit.*

RPOBLEMA 219.

515. *Sit deſcripta curva* ADMB, *circumductu regulæ* GM *in inſtrumento, cujus ſtructura ex Fig. 59. Tab. IV. manifeſta eſt, ita ut paxilli in* E *defixi baſis mobilis incedat per canalem* ab, *alterius vero in* F *per* cd; *inveſtigare naturam ejus.* Tab. IV. Fig. 58.

Ex curvæ deſcriptione manifeſtum, eſſe longitudinem regulæ E Tab. IV. Fig. 59.

Maxi

M axi majori dimidio CB, partem vero ejus FM axi dimidio minori DC æqualem, conſequenter diſtantiam paxillorum EF differentiam inter ſemiaxem majorem AC & ſemiaxem minorem DC.

Aſſumamus itaque quemcun-
Tab. que regulæ ſitum EFM & deter-
IV. minetur curva, in qua ſit pun-
Fig. ctum ejus M. Demittantur ex
58. puncto M ordinatæ ad utrumque axem PM & MR.

Fiat $CP = RM = x$, $PM = y$, $AC = EM = a$, $CD = FM = b$, erit $EF = a - b$ & (§. 268 *Geom.*)

$$EM : MR = EF : FC$$

$$a : x = a - b : \frac{ax - bx}{a}$$

Ergo $PF = x - x + bx : a = bx : a$.

Hinc $PM^2 = FM^2 - FP^2$ (§. 417 *Geom.*) $= b^2 - b^2x^2 : a^2 = (a^2b^2 - b^2x^2) : a^2 = y^2$.

Eſt adeo curva ADMD Ellipſis (§. 432).

DEFINITIO 43.

Tab.
III. 516. *Circuli ſuperiorum generum*
Fig. ſunt curvæ, in quibus eſt $AP^m : PM^m = PM : PB$ vel etiam $AP^m : PM^m = PM^n : PB^n$.
38.

COROLLARIUM 1.

517. Sit $AP = x$, $PM = y$, $AB = a$; erit $PB = a - x$, conſequenter $x^m : y^m = y : a - x$. Hinc æquatio infinitos circulos definiens eſt $y^{m+1} = ax^m - x^{m+1}$ & alios adhuc infinitos definiens $y^{m+n} = (a-x)^n x^m$.

COROLLARIUM 2.

518. Si $m = 1$, erit $y^2 = ax - x^2$, adeoque circulus primi generis ſub hac æquatione una continetur. Si $m = 2$, $n = 1$, erit $y^3 = ax^2 - x^3$; quæ æquatio circulum ſecundi generis definit.

DEFINITIO 44.

519. *Parabolæ ſuperiorum generum* ſunt curvæ algebraicæ, quæ definiuntur per $a^{m-1}x = y^m$, e. gr. per $a^2x = y^3$, $a^3x = y^4$, $a^4x = y^5$, $a^5x = y^6$ &c. Dicuntur a nonnullis *Paraboloides*: ſpeciatim *Paraboloidem cubicalem* vocant, ſi $a^2x = y^3$; *Paraboloidem biquadraticalem*, ſi $a^3x = y^4$; *ſurdeſolidalem* ſi $a^4x = y^5$ &c. Harum curvarum reſpectu *Parabola* primi generis ſuperius explicata dicitur *Apolloniana*, item *quadratica*. Ad parabolas quoque referri ſolent curvæ, in quibus $ax^{m-1} = y^m$, veluti $ax^2 = y^3$, $ax^3 = y^4$: quæ a nonnullis *ſemiparabolæ* appellantur. Omnes comprehenduntur ſub communi æquatione $a^m x^n = y^r$, quæ ad alias quoque curvas extenditur, veluti ad eas, in quibus $a^2x^2 = y^4$, $a^2x^3 = y^5$, $a^3x^4 = y^7$.

COROLLARIUM.

520. Cum in parabolis ſuperiorum generum ſit $y^m = a^{m-1} x$, ſi alia quæcunque ſemiordinata dicatur v, abſciſſa ipſi reſpondens z, erit $v^m = a^{m-1} z$, conſequenter

$$y^m : v^m = a^{m-1} x : a^{m-1} z$$

hoc eſt, $x : z$

Communis adeo parabolarum proprietas eſt, quod ordinatarum potentiæ rationem abſciſſarum habeant.

COROLLARIUM 2.

521. In ſemiparabolis vero eſt $y^m : v^m = a x^{m-1} : a z^{m-1}, = x^{m-1} : z^{m-1}$, ſeu potentiæ ſemiordinatarum ſunt ut potentiæ abſciſſarum uno gradu inferiores e. gr. in ſemiparabolis cubicalibus cubi ordinatarum y^3 & v^3 ſunt ut quadrata abſciſſarum x^2 & z^2. Et in genere in omnibus curvis parabolæ agnatis $y^{m+n} : v^{m+n} = a^m x^n : a^m z^n = x^n : z^n$.

DEFINITIO 45.

522. *Ellipſes infinitas* definit æquatio $ay^{m+n} = bx^m (a-x)^n$, quæ a nonnullis *Elliptoides* dicuntur, ſi $m > 1$, vel $n > 1$, vel m & $n > 1$. E. gr. *Elliptoidem cubicalem*, ſi $ay^3 = bx^2 (a-x)$: *Elliptoidem biquadraticalem* appellant ellipſin tertii generis, in qua $ay^4 = bx^2 (a-x)^2$. Harum curvarum reſpectu *Ellipſis* primi generis *Apolloniana* vocatur.

COROLLARIUM 1.

523. Si alia quæcunque ordinata dicatur v & abſciſſa reſpondens z; erit $av^{m+n} = bz^m (a-z)^n$, conſequenter $ay^{m+n} : av^{m+n} = bx^m (a-x)^n : bz^m (a-z)^n$ hoc eſt, $y^{m+n} : v^{m+n} = x^m (a-x)^n : z^m (a-z)^n$.

COROLLARIUM 2.

524. Si fiat $a = b$, erit $y^{m+n} = x^m (a-x)^n$, & ſi porro fiat $n = 1$, erit $y^{m+1} = x^m (a-x) = ax^m - x^{m+1}$, hoc eſt, ellipſes ſuperiorum generum degenerant in circulos ſuperiorum generum.

DEFINITIO 46.

425. *Hyperbolas infinitas* definit æquatio $ay^{m+n} = bx^m (a+x)^n$, quæ a nonnullis *Hyperboloides* appellantur, ſi $m > 1$, vel $n > 1$, vel m & $n > 1$ e. gr. $ay^3 = bx^2 (a+x)$. Et harum curvarum reſpectu *Hyperbola* primi generis *Apolloniana* ſalutatur.

COROLLARIUM.

526. Eſt ergo in infinitis hyperboloidibus $ay^{m+n} : av^{m+n} = bx^m (a+x)^n : bz^m (a+z)^n$ hoc eſt, $y^{m+n} : v^{m+n} = x^m (a+x)^n : z^m (a+z)^n$.

DEFINITIO 47.

527. *Conos ſuperiorum generum* appello, quorum baſes & ſectiones baſibus parallelæ ſunt circuli ſuperiorum generum. Generatur iſtiusmodi Conus, ſi recta linea AC in puncto ſublimi C fixa, ſed quæ pro re nata magis aut minus extendi poſſe concipitur, circa Tab. V. Fig. 55.

circa peripheriam circuli ANB convertatur.

PROBLEMA 220.

Tab. V. Fig. 55. 528. *Inveſtigare naturas curvarum, quæ prodeunt, ſi Coni ſuperiorum generum ita ſecentur, ut axis ſectionis* DE *ſit lateri Coni* AC *parallelus, planum vero ſectionis* LDN *ſecet diametrum baſis* AB *ad angulos rectos.*

Eodem, quo ſupra (§.511), modo oſtenditur, eſſe PM & EN inter ſe parallelas & cum circulorum HMI atque ANB, tum curvæ DLN ſemiordinatas. Sit PM $=y$, EN $=q$, AE $=$ HP $=v$, DP $=x$, DE $=z$ PI $=t$; reperietur ut *in probl.* 216 (§.511) EB $=tz:x$. Eſt vero (§.516)

$$HP^m\ PM^m = PM : PI$$
$$v^m : y^m = y : t$$

$$y^{m+1} = tv^m$$

Porro $AE^m : EN^m = EN : EB$
$$v^m : q^m = q : (tz:x)$$

$$q^{m+1} = tzv^m : x$$

Quare $y^{m+1} : q^{m+1} = tv^m : \frac{tzv^m}{x}$

hoc eſt $1 : \frac{z}{x}$ (§.124).

ſeu $x : z$

Sunt ergo curvæ iſtæ parabolæ ſuperiorum generum (§.520).

Vel ſit generaliter (§.516)

$$HP^m : PM^m = PM^n : PI^n$$
$$v^m : y^m = y^n : t^n$$

$$y^{m+n} = t^n v^m$$
$$AE^m : EN^m = EN^n : EB^n$$
$$v^m : q^m = q^n : \frac{t^n z^n}{x^n}$$

$$q^{m+n} = \frac{t^n z^n v^m}{x^n}$$

Quare
$$y^{m+n} : q^{m+n} = t^n v^m : \frac{t^n z^n v^n}{x^n}$$
$$= x^n : z^n$$

Sunt itaque curvæ DLN ſuperiorum generum parabolis agnatæ (§.521).

PROBLEMA 221.

Tab. V. Fig. 56. 529. *Inveſtigare naturam curvarum, quæ enaſcuntur, ſi coni ſuperiorum generum ita ſecantur, ut axis ſectionis* DE *cum diametro baſis* AB *continuata in* F *concurrat, planum vero ſectionis continuatum eandem ad angulos rectos ſecet.*

Patet, ut ſupra (§.511) PM & QN eſſe inter ſe parallelas atque

que ſemiordinatas cum circulorum HMI & KNL, tum curvæ DMNE. Sit $DE=a$, $DP=x$, $DQ=v$, $PH=t$, $QL=ſ$, $PM=y$, $QN=z$; erit $PE=a-x$, $QE=a-v$ & reperietur ut *in probl.* 217 (§. 512) $QK=vt:x$, $PI=(ſa-ſx):(a-v)$. Eſt vero (§. 517)

$$IP^m : PM^m = PM^n : PH^n$$

$$\frac{ſ^m (a-x)^m}{(a-v)^m} : y^m = y^n : t^n$$

$$y^{m+n} = t^n ſ^m (a-x)^m : (a-v)^m$$

Porro $QL^m : QN^m = QN^n : KQ^n$

$$ſ^m : z^m = z^n : \frac{v^n t^n}{x^n}$$

$$z^{m+n} = t^n ſ^m v^n : x^n$$

Quare

$$y^{m+n} : z^{m+n} = t^n \frac{ſ^m (a-x)^m}{(a-v)^m} : \frac{v^n t^n ſ^m}{x^n}$$

hoc eſt $(a-x)^m x^n : (a-v)^m v^n$

Sunt adeo curvæ iſtæ in numero ellipſium ſuperiorum generum (§. 523).

PROBLEMA 222.

Tab. IV. Fig. 57. 530. *Inveſtigare naturam curvarum, quæ gignuntur, ſi Coni ſuperiorum generum ita ſecentur, ut axis ſectionis* DQ *cum latere Coni continuato* AC *continuatus & ipſe in* E *concurrat, planum vero ſectionis* DLN *diametrum baſis* AB *ad angulos rectos ſecet.*

Patet ut ſupra (§. 511), PM & QN eſſe inter ſe parallelas, atque ſemiordinatas cum circulorum HMI & KNL, tum curvæ DLN. Sit $DE=a$, $DP=x$, $DQ=v$, $PH=t$, $PI=ſ$; erit $EP=a+x$, $EQ=a+v$ & reperietur ut *in probl.* 218 (§. 513) $AQ=t(a+v):(a+x)$ & $QB=ſv:x$. Eſt vero (§. 517)

$$PI^m : PM^m = PM^n : PH^n$$

$$ſ^m : y^m = y^n : t^n$$

$$y^{m+n} = t^n ſ^m$$

Porro $QB^m : QN^m = QN^n : AQ^n$

$$\frac{ſ^m v^m}{x^m} : z^m = z^n : \frac{t^n (a+v)^n}{(a+x)^n}$$

$$z^{m+n} = \frac{t^n ſ^m v^m (a+v)^n}{x^m (a+x)^n}$$

Quare.

$$y^{m+n} : z^{m+n} = t^n ſ^m : \frac{t^n ſ^m v^m (a+v)^n}{x^m (a+x)^n}$$

hoc eſt (§. 124) $1 : \frac{v^m (a+v)^n}{x^m (a+x)^n}$

ſeu $x^m (a+x)^n : v^m (a+v)^n$

Sunt

Digitized by Google

Sunt adeo curvæ hyperbolæ ſuperiorum generum (§. 526.)

PROBLEMA 223.

Tab. V. Fig. 60. 531. *Diametro ſemicirculi* AB *jungatur ad angulos rectos recta* AT *ducanturque ex centro* C *ſecantes* QC. *Erigantur in* Q *normales* QM *ipſis* QR *æquales. Inveſtigare naturam curvæ* AMP, *quæ eſt locus omnium punctorum* M *hac ratione inventorum.*

Sit $AQ=PM=y$, $QM=QR=x$, $AB=a$, erit (*§. 379. Geom.*) $y^2=ax+x^2$.

Eſt adeo curva AMR hyperbola æquilatera, cujus axes & parameter diametro circuli AB æquales (§. 461.)

COROLLARIUM

532. Habemus adeo facilem hyperbolæ æquilateræ per innumera puncta M geometrice determinata deſcriptionem.

PROBLEMA 224.

Tab. XII. Fig. 121. 533. *Invenire æquationem hyperbolæ ad axem* CR *ex centro* C *ductæ & ad axem transverſum* AB *normalem relatæ.*

Sit $CQ=PM=x$, $CP=QM=y$, $CB=CA=a$, erit $BP=a+y$, $AP=y-a$, adeoque $BP.PA=y^2-a^2$. Sit porro parameter $=b$, erit.

$$b : a = x^2 : y^2 - a^2$$

$$ax^2 = by^2 - a^2 b$$

$$ax^2 + a^2 b = by^2$$

$$\frac{ax^2 + a^2}{b} = y^2$$

COROLLARIUM.

534. Quodſi hyperbola fuerit æquilatera, erit $a=b$ (§. 505), conſequenter $y^2=x^2+a^2$, ſive $QM^2=CQ^2+CB^2$

DEFINITIO 48.

535. Si ducatur recta BD & alia AC ad ipſam in E perpendicularis, ex puncto autem C agantur rectæ quotcunque CM rectam BD ſecantes in Q, fiatque $QM=QN=AE=EF$; Curva, in qua ſunt puncta M, dicitur a *Nicomede* inventore *Conchilis* ſeu *Conchois prima*; altera vero, in qua ſunt puncta N, *Conchois ſecunda*; recta BD *regula*; punctum C *Polus*. Excogitavit autem inſtrumentum, quo motu continuo Conchois prima deſcribi poteſt. Nimirum in regula AD excavatus eſt canalis, ut clavus teres regulæ mobili CB in F firmiter infixus intra eam libere moveri poſſit. Regulæ EG in K infigitur clavus alius, in fiſſuram regulæ mobilis CB immittendus. Quodſi regula BC ita Tab. VI. Fig. 61. Fig. 62.

ita moveatur, ut clavus F canalem AD percurrat; ſtylus in C Conchoidem primam deſcribet.

COROLLARIUM 1.

536. Sit $AP = x$, $AE = a$, erit $PE = MR = a - x$. Creſcentibus adeo x, decreſcit $a - x$ ſeu MR, adeoque curva continuo ad *regulam* BD propius accedit. Eodem modo patet, rectam NO continuo decreſcere debere, adeoque conchoidem quoque inferiorem ad regulam continuo propius accedere.

COROLLARIUM 2.

537. Quoniam tamen inter conchoidem utramque & rectam BD ſemper interjicitur recta QM vel QN ipſi AE æqualis (§. 535); neutra conchoidum cum recta BD concurrere poteſt, conſequenter BD eſt aſymptotus utriusque conchoidis.

PROBLEMA 225.

Tab. 538. *Invenire æquationem pro*
VI. *Conchoide.*
Fig. Sit $QM = AE = a$, $EC = b$, M
61. $R = EP = x$, $ER = PM = y$, erit $CP = b + x$ & (§. 268. *Geom.*)

$$PE : MQ = EC ; CQ$$
$$x : a = b : \frac{ab}{x}$$

Hinc $CM = a + ab : x = (ax + ab) : x$. Et quoniam $PM^2 + PC^2 = CM^2$ (§. 417. *Geom.*); erit $y^2 + x^2 + 2bx + b^2 = (a^2b^2 + 2a^2bx + a^2x^2) : x^2$, conſequenter $x^4 + 2bx^3 + y^2x^2 + b^2x^2 = a^2b^2 + 2a^2bx + a^2x^2$: quæ eſt æquatio naturam conchoidis primæ explicans.

Sit $CE = b$, $QN = a$, $EG = ON = x$, $GN = EO = y$; erit $GC = b - x$ & (§. 268. *Geom.*)

$$EG : QN = GC : CN$$
$$x : a = b - x : \frac{ab - ax}{x}$$

Habemus ergo ob $CN^2 = CG^2 + GN^2$ (§. 417. *Geom.*), $(a^2b^2 - 2a^2bx + a^2x^2) : x^2 = b^2 - 2bx + x^2 + y^2$, hoc eſt, $a^2b^2 - 2a^2bx + a^2x^2 = b^2x^2 - 2bx^3 + x^4 + x^2y^2$: quæ eſt æquatio naturam conchoidis inferioris declarans.

COROLLARIUM.

539. Eſt adeo conchois utraque linea tertii generis (§. 382).

DEFINITIO 49.

540. Aliæ *Conchoidum* ſpecies prodeunt, ſi fiat $CE : CQ = QM : AE$, vel indefinite ſi $CE^m : CQ^m = QM^m : AE^m$.

COROLLARIUM

541. Quare ſi $CE = b$, $EA = a$, $CQ = x$, $QM = y$, erit $ab = xy$ & pro infinitis conchoidibus $a^m b^m = x^m y^m$.

SCHOLION.

542. *Æquatio hac videtur eadem cum æquatione hyperbolæ inter aſymptotos*

tos (§.486); eadem tamen non eſt, cum in præſente caſu æquatio non exprimat relationem punctorum per rectas parallelas ad eandem rectam poſitione datam, quemadmodum in hyperbola.

PROBLEMA 226.

543. *Invenire æquationem ad quodlibet punctum Conchoidis, in qua* CE : CQ = QM : AE.

Sit $AE=a$, $CE=b$, $PM=y$, $PE=x$, erit $CP=b+x$, $CP^2=b^2+2bx+x^2$, $CM^2=y^2+b^2+2bx+x^2$ (§ 417. *Geom.*) & (§. 268. *Geom.*) CP : CM = CE : CQ = EP : QM. Quare CE. EP : CQ. QM = $CP^2 : CM^2$ (§. 213. *Arithm.*), hoc eſt, ob CQ. QM = CE. EA *per hypoth.*

$$CE.\,EP : CE.\,EA = CP^2 : CM^2$$

hoc eſt (§. 181), $EP : EA = CP^2 : CM^2$

$$x : a = b^2+2bx+x^2 : y^2+b^2+2bx+x^2$$

$$ab^2+2abx+ax^2=y^2x+b^2x+2bx^2+x^3$$

quæ eſt æquatio deſiderata.

DEFINITIO 50.

Tab. VI. Fig. 63. 544. Diametro AB ſemicirculi AOB jungatur ad angulos rectos recta indefinita BC. Ducatur recta AH fiatque AM = IH, vel in altero quadrante LC = AN: erit punctum M, itemque L in curva AMOL, quam *Ciſſoidem* dixit *Diocles* inventor.

COROLLARIUM 1.

545. Ducantur rectæ PM & KI ad AB normales; erunt eædem inter ſe parallelæ (§. 256. *Geom.*) & (§. 268. *Geom.*) AP : KB = AM : IH. Sed AM = IH (§. 544). Ergo AP = KB (§. 149. *Arithm.*), conſequenter AK = PB (§. 88. *Arithm.*) & PN = IK.

COROLLARIUM 2.

546. Eodem modo patet, Ciſſoidem AMO ſemicirculum AOB bifariam dividere. Eſt enim AO : OF = AG : GB (§. 268. *Geom.*). Sed AO = OF (§. 544.). Ergo AG = GB (§. 149. *Arithm.*). Eſt itaque ANO quadrans.

COROLLARIUM 3.

547. AK : KI = KI : KB (§. 327. *Geom.*), hoc eſt, AK : PN = PN : AP (§. 545). Porro AK : (KI) PN = AP : PM (§. 268. *Geom.*). Ergo PN : AP = AP : PM (§. 167. *Arithm.*). Sunt adeo AK, PN, AP & PM quatuor lineæ continue proportionales &, ſi fiat $PN=v$, $AP=x$, $PM=y$, $x^2=vy$. Eodem modo oſtenditur eſſe AP, PN, AK, KL continue proportionales.

PROBLEMA 227.

548. *Invenire æquationem, quæ naturam Ciſſoidis* AMOL *declarat.*

Sit $AB=a$, $AP=x$, $PM=y$; erit $AK=PB$ (§. 545.) $=a-x$, $KI^2=PN^2=ax-x^2$ & (§. 547. 124.)

$$AK^2 : PN^2 = AP^2 : PM^2$$

$$a^2-2ax+x^2 : ax-x^2 = x^2 : y^2$$

$$a^2y^2-2axy^2+x^2y^2=ax^3-x^4$$

$a-x$

ay^2

$$ay^2 - xy^2 = x^3$$

hoc eſt, $(a-x)\,y^2 = x^3$

Theorema. In Ciſſoide *Dioclis* cubus abſciſſæ AP æquatur ſolido ex quadrato ſemiordinatæ PM in complementum diametri circuli genitoris PB.

COROLLARIUM 1.

549. Quando punctum P cadit in B, tum fit $x = a$ & $BC = y$, conſequenter $y^2 = \frac{a^3}{0}$. Quare $0 : 1 = a^3 : y^2$, hoc eſt, valor ipſius y fit infinitus, adeoque Ciſſois AMOL cum BC nunquam concurrit. Eſt ergo BC Ciſſoidis aſymptotus.

COROLLARIUM 2.

550. Ciſſois eſt linea ſecundi generis (§. 382).

SCHOLION.

551. *Veteres tam Conchoide, quam Ciſſoide uſi ſunt ad inveniendas duas medias continue proportionales inter duas rectas datas, quemadmodum docet* Pappus.

DEFINITIO 51.

Tab. VI. Fig. 64. 552. Si recta AX dividatur in partes quotcunque æquales, ipſique in punctis diviſionum A, P, p &c. jungantur rectæ AN, PM, pm &c. continue proportionales, puncta N, M, m &c. in curva exiſtunt, quæ *Logiſtica*, itemque *Logarithmica* vocari ſolet.

COROLLARUM. 1.

553. Sunt ergo abſciſſæ AP, Ap &c. ſemiordinatarum PM, pm &c. logarithmi (§. 334. *Arithm*).

COROLLARIUM. 2.

554. Hinc ſi $AP = x$, $Ap = v$, $PM = y$, $pm = z$, & logarithmi ipſorum y & $z = ly$ & lz; erit $x = ly$ & $v = lz$, conſequenter $x : v = ly : lz$, hoc eſt, denominatores rationum AN : PM & AN : pm ſunt inter ſe ut abſciſſæ AP & Ap.

COROLLARIUM 3.

555. Quamobrem infinitas alias logiſticas excogitare licet, ſi fiat $x^m : v^m = ly : lz$, ut nempe abſciſſarum poteſtates aut radices quæcunque (*m* nempe numerum fractum denotante) ſint ſemiordinatarum logarithmi.

COROLLRRIUM 4.

556. Cum ſemiordinatæ pm continuo decreſcant, ratione AN ad pm cum abſciſſis continuo creſcente (§. 553. *Analyſ.* & §. 205. *Arithm.*) curva ad axem AX continuo propius accedit. Quodſi pm ponatur fieri nihilo æqualis, ratio ipſius AN in infinitum augetur, conſequenter & abſciſſa AP (§ 554) Quare logiſtica nonniſi infinito intervallo cum axe concurrit, adeoque AX eſt ejus aſymptotus.

DEFINITIO 52.

557. Si quadrans circuli in partes quotcunque æquales in punctis P, p. p. &c. dividatur & ex radiis CP, Cp, Cp, &c. reſecentur CM, Cm, Cm &c. continue proportionales; puncta M, m, m, &c. erunt in *Logiſtica ſpirali*. Tab. VI. Fig. 65.

COROL-

Digitized by Google

COROLLARIUM 1.

558. Sunt ergo arcus AP, Ap &c. logarithmi ordinatarum CM, Cm &c.

COROLLARIUM 2.

559. Unde liquet, infinitas logiſticas ſpirales excogitari poſſe (§. 555.)

DEFINITIO 53.

Tab. VI. Fig. 66. 560. Si quadrans BCD bifariam dividatur in G & arcus BG, GD denuo ſubdividantur bifariam in E & F, atque ita porro; axis AC arbitrariæ longitudinis aſſumtus eodem modo dividatur in partes æquales A*h*, *hi*, *ik*, *k*C, tandemque in punctis *h*, *i*, *k*, *c* applicentur normales *eh*, *ig*, *kf*, *cd* ipſis HE, IG, KF CD æquales; puncta *a*, *e*, *g*, *f*, *d* erunt in Linea, a *Leibnitio* inventore *Linea Sinuum* dicta,

COROLLARIUM.

561. Cum HE, IG, KF, CD ſint ſinus arcuum BE, BG, BF, BD (§. 2. *Trigon.*) erunt abſciſſæ A*h*, A*i*, A*k*, AC ut arcus ſeu anguli; ſemiordinatæ *e h*, *ig*, *kf*, C*d*, ut ſinus eorundem arcuum ſeu angulorum.

DEFINITIO 54.

562. Iisdem factis, quæ in definitione præcedente fieri præcepimus, fiant *eh*, *ig*, *kf* &c. tangentibus BL, BM, BN &c. vel ſecantibus CL, CM, CN &c. æquales; Curvæ adhuc aliæ gignentur, quas *Lineas Tangentium* & *Secantium* appellare libet.

Tab. VI. Fig. 66.

COROLLARIUM.

563. In linea tangentium abſciſſæ ſunt ut arcus ſeu anguli, ſemiordinatæ ut eorundem tangentes: in ſecantium vero linea abſciſſæ itidem ſunt ut arcus ſeu anguli, ſemiordinatæ ut eorundem ſecantes.

DEFINITIO 55.

564. Quadrans arcus ANB dividatur in partes quotcunque æquales in N, *n* &c. per continuam biſectionem; in totidem dividatur radius AC per puncta P, *p* &c. Ducantur radii CN, *cn* &c. denique ex punctis P, *p* &c. erigantur perpendiculares PM, *pm* &c. iſtis in punctis M, *m* &c. occurrentes: erunt puncta M, *m* &c. in curva, quam *Dinoſtrates* inventor *Quadraticem* appellavit. Tab. VI. Fig. 67.

COROLLARIUM.

565. Eſt ergo AB : AN = AC : AP. Quare ſi fiat AB = a, AC = b, AN = x, AP = y; erit $ay = bx$.

DEFINITIO 56.

566. Si quadrans ANB & ejus radius in partes æquales dividantur ut in definitione præcedente, & ex punctis P, *p* &c. agantur rectæ Tab. VI. Fig. 68.

 PM,

PM, *pm* &c. ipſi CB; & ex punctis N, *n* &c. rectæ NM, *nm* &c. ipſi AC parallelæ: puncta M, *m* &c ſunt in *Quadratrice Tſchirnhuſiana* a DN. *de Tſchirnhauſen* ad imitationem alterius excogitata (i).

COROLLARIUM. 1.

567. Cum etiam hic AB : AN = AC : AP; quadratrix quoque Tſchirnhuſiana continetur ſub æquatione $ax = by$.

COROLLARIUM 2.

568. Quoniam PM = QN, erit PM Sinus arcus AN (§ 2. *Trigon*). Quare cum ſit AP : Ap = AN : An (§. 566); abſciſſæ Quadraticis hujus ſunt ut arcus & ſemiordinatæ ut ſinus eidem reſpondentes, quemadmodum in linea ſinum (§. 561).

DEFINITIO 57.

Tab. VII. Fig. 69. 569. Peripheria circuli AP*p*A dividatur in partes quotcunque æquales in puncto *p* per continuam biſectionem. In totidem partes dividatur radius CA, fiatque CM parti uni, C*m* vero duabus &c. partibus radii æqualis. Erunt puncta M, *m*, *m*, &c. in linea curva, quam ab inventore *Archimede* dicunt *ſpiralem* vel *Helicem Archimedeam*. Dicitur autem *Spiralis prima*, quia continuari poteſt, circulo duplo radio deſcripto: immo *ſecunda* continuatur, deſcripto radio circulo triplo & ita porro in infinitum.

COROLLARIUM 1.

570. Eſt ergo AP ad peripheriam ut C*m* ad radium. Quare ſi peripheria dicatur *p*, radius AC = *r*, AP = *x*, PM = *y*, erit CM = *r*−*y*, conſequenter ob $p : r = x : r-y$; habebimus $pr - py = rx$.

COROLLARIUM 2.

571. Si CM = *y*; erit $rx = py$: quam æquationem cum quadratice tam *Dinoſtratis*, quam *Tſchirnhuſii* communem habet ſpiralis.

COROLLARIUM 3.

572. Quare pro infinitis ſpiralibus & quadratricibus erit $r^n x^m = p^n y^m$.

DEFINITIO 58.

573. *Cyclois* vel *Trochois* eſt curva, quam deſcribit punctum *a* in peripheria circuli, ſi circulus ſuper recta AC rotatur. Tab. VII. Fig. 70.

COROLLARIUM 1.

574. Recta igitur AC peripheriæ; AD ſemiperipheriæ circuli æqualis eſt, & in quocunque circuli genitoris ſitu A*d* arcui P*d*.

COROLLARIUM 2.

575. Si PL ducatur cum AD parallela; erit PM arcui circuli genitoris BM æqualis. Eſt enim P*d* = A*d* & hinc P*b* = *a*D (§. 574). Quare cum NL = D*d* (§. 226 *Geom.*) & ob P*b* = MB etiam PN = ML (§. 12. *Trigon.*); erit etiam PN + NM = PM =

(i) in Medicina Mentis part. 2. p. 114.

$PM = ML + NM = NL = Dd$, conſequenter ob $Dd = Pb = MB$ *per demonſtr.* $PM = MB$. Sumto igitur arcu MB pro abſciſſa, PM pro ſemiordinata, ſi $BM = x$, $PM = y$; erit $x = y$.

DEFINITIO 59.

576. *Epicycloïs* deſcribitur, ſi circulus non ut in præcedente definitione ſuper recta, ſed ſuper peripheria alterius circuli incedat. Dicitur *Epicycloïs ſuperior*, ſi circulus genitor per peripheriæ convexitatem rotatur: *Epicycloïs inferior*, ſi ejus concavitatem emetitur.

SCHOLION 1.

577. *Logarithmica, logiſtica ſpiralis, linea ſinuum, linea tangentium, linea ſecantium, quadratrix Dinoſtratis, quadratrix Tſchirnhuſiana, Spiralis Archimedea, Cyclois, Epicyclois ſunt lineæ tranſcendentes: neque enim per æquationes algebraicas explicari poſſunt. Tradidimus equidem pro aliquibus earum æquationes; veruntamen cum in his aſſumſerimus arcus circulares in numerum indeterminatarum, æquationes algebraicæ non ſunt. Suppoſuimus enim ſuperius, æquationes algebraicas relationem, quam habent puncta curvarum ad axem vel diametros, per ſolas lineas rectas explicare debere.*

SCHOLION 2.

578. *Innumeræ autem curvæ aliæ tam algebraicæ, quam tranſcendentes excogitari poſſunt & actu excogitatæ ſunt a Geometris. Sed de his omnibus agere minime conſultum eſt. Trademus autem in analyſi infinitorum methodos generales, quibus non modo curvarum hactenus explicatarum, ſed etiam aliarum quarumcunque ſymptomata, ſi quando iis opus habemus, erui poſſunt. Ut tamen appareat, quomodo plures excogitari poſſint; unum alterumque exemplum addere lubet.*

PROBLEMA 228.

§. 579. *Invenire naturas curvarum, quæ prodeunt, ſi ſemiordinatæ* PM *continuentur in* N, *donec fiant chordis* AM *æquales.* Tab. XII. Fig. 122.

Facile apparet, curvas infinitas, immo infinitas earum ſeries conſtrui poſſe. Æquatio igitur in dato caſu ſpeciali eruenda ex æquatione curvæ genetricis ABC. Sit ea circulus, cujus diameter a. Sit in omni caſu $AP = x$, $PN = y$; erit $PM^2 = ax - x^2$ (§. 377). Quare cum $AP^2 = x^2$ & $AM^2 = AP^2 + PM^2$ (§. 417. *Geom.*); erit $AM^2 = ax$, conſequenter æquatio ad curvam genitam AND $y^2 = ax$. Eſt itaque curva AND parabola (§. 388).

Sit curva genetrix AMC parabola: erit $PM^2 = ax$ (§. 388), conſequenter $AM^2 = PN^2 = ax + x^2$. Quoniam itaque æquatio ad curvam AND $y^2 = ax + x^2$; erit ea hyperbo-

perbola æquilatera, cujus axis transverſus $=a$ (§.507).

Sit curva genetrix AMC hyperbola æquilatera: erit $PM^2=ax+x^2$, conſequenter $AM^2=PN^2=ax+2x^2$. Æquatio itaque ad curvam AND $y^2=ax+2x^2$, adeoque eadem hyperbola ſcalena, cujus parameter a, axis transverſus vero $=\frac{1}{2}a$ (§.459).

Sit AMC parabola ſecundi generis, erit $PM=\sqrt[3]{a^2x}$ (§.519), adeoque $PM^2=\sqrt[3]{a^4x^2}$ & $PN^2=x^2+\sqrt[3]{a^4x^2}$. Cum itaque æquatio ad curvam ſit $y^2=x^2+\sqrt[3]{a^4x^2}$; erit $(y^2-x^2)^3=a^4x^2$, ſeu $y^6-3x^2y^4+3x^4y^2=x^6+a^4x^2$.

SCHOLION.

§.580 *Patet per problema præſens plurimarum curvarum deſcriptiones facillimo negotio detegi poſſe: quod idem per ſequentia quoque problemata intelligitur. Nec minus liquet, eodem modo ad axem* AB *applicari poſſe tangentes, ſubtangentes, normales, ſubnormales & quascunque alias lineas eodem modo determinatas. Hoc pacto ſubinde theoremata non inelegantia reperiuntur, qualia in ipſa reſolutione problematis præſentis continentur,* v.gr. *Quod, ſi parabola circa diametrum circuli deſcribatur, chordæ circuli* AM *ſint ſemiordinatis parabolæ* PN *æquales.*

Tab. XII.

PROBLEMA 229.

§.581. *Inveſtigare naturas curvarum, quæ gignuntur, ſi ad chordam* AM *curvæ genetricis* AMC *erigatur perpendicularis* AN *ſemiordinatam* PM *ultra axem* AB *continuatam ſecans in* N. Fig. 123.

Sit curva genetrix AMC: Quoniam MAN angulus rectus *per hypotheſin*; erit PM: AP = AP: PN (§.327.*Geom.*), conſequenter $PM^m: AP^m = AP^m: PN^m$ (§.124), adeoque $PN^m=AP^{2m}:PM^m$, conſequenter ſi $AP=x$, $PN=y$; $y^m=x^{2m}:PM^m$. Valor igitur ipſius PM & exponens m ex æquatione curvæ genetricis AMC determinantur.

Sit AMC circulus; erit $PM^2=ax-x^2$, adeoque æquatio ad curvam ANR $y^2=x^4:(ax-x^2)=x^3:(a-x)$. Eſt igitur curva ANR Ciſſois *Dioclis*.

Sit curva genetrix parabola *Apolloniana*: erit $PM^2=ax$, adeoque $y^2=x^4: ax=x^3: a$, hoc eſt, $ay^2=x^3$. Eſt igitur ANR Parabola ſecundi generis (§. 519).

Sit in genere curva genetrix quædam ex parabolis infinitis, quæ definiuntur per æquationem $PM^m=ax^{m-1}$, adeoque $y^m=x^{2m}:ax^{m-1}$, $=x^{m+1}: a$, hoc eſt, $ay^m=x^{m+1}$. Eſt igitur ANR parabola proxime ſuperior genetrice. Unde patet modus deſcribendi omnes parabo-

las

bolas in infinitum, quæ continentur ſub æquatione $y^m = ax^{m-1}$.

Sit curva genetrix hyperbola æquilatera: erit $PM^2 ax + x^2$, adeoque $y^2 = x^4 : (ax + x^2) = x^3 : (a + x)$. Eſt igitur ANR curva ſecundi generis affinitatem quandam habens cum Ciſſoide; ſed quæ peculiari nomine deſtituitur.

Sit curva genetrix ellipſis: erit $PM^2 = (abx - bx^2) : a$, adeoque $y^2 = ax^4 : (abx - bx^2)$ hoc eſt $by^2 = ax^3 : (a - x)$.

SCHOLION 1.

582. *Si circuli ſuperiorum generum ſumuntur progenetrice, Ciſſorides ſuperiorum generum erunt genitæ.*

PROBLEMA 230.

Tab. XII. Fig. 124. 583. *Sit curva genetrix* AMK, *recta* AT *ad axem* AX *normalis*, AS *magnitudinis conſtantis*, *inveſtigare naturam curvæ*, *in qua eſt punctum* N, *quod determinatur*, *demiſſa ex* S *perpendiculari* SR *ad ſemiordinatam genetricis* PM *&* *ducta recta* QN *per punctum curvæ genetricis* M *axi* AX *parallela*, *rectæ* AN *ex vertice* A *per punctum* R *ductæ occurrente in* N.

Sit $AS = a$, $AQ = x$, $QN = y$, erit ob parallelas SR & QN (§. 268. *Geom*).

$$AS : (SR)\ QM = AQ : QN$$
$$a : QM = x : y$$
$$\text{adeoque } \frac{QM . x}{a} = y$$

Sit AMK parabola Apolloniana, erit $QM = x^2 : a$. Eſt igitur

$$\frac{y = x^3 : a^2}{a^2 y = x^3}$$

quæ eſt æquatio ad parabolam ſecundi generis (§. 519).

Sit AMK quædam ex infinitis parabolis, erit $QM = x^m : a^{m-1}$ (§. *cit.*), adeoque $y = x^{m+1} : a^m$ conſequenter $a^m y = x^{m+1}$. Eſt igitur curva genita parabola proxime ſuperior genetrice, patetque ſimul modus deſcribendi parabolas omnes in infinitum, quæ continentur ſub æquatione $a^{m-1} x = y^m$.

CAP. VI.
DE LOCIS GEOMETRICIS.

DEFINITIO 60.

584. Locus Geometricus eſt linea, per quam conſtruitur problema indeterminatum. In ſpecie *Locus ad rectam* dicitur, ſi linea recta æquationi conſtruendæ ſufficit; *Locus ad circulum*, ſi circulo utendum & ita porro.

DEFINITIO 61.

585. Loca ad lineam rectam & circulum veteres dixere *Loca plana*: quæ vero ſunt ad parabolam, ellipſin aut hyperbolam, *Loca ſolida*. Commodius Loca in ordines diſtinguuntur ſecundum numerum dimenſionum, ad quem aſſurgunt quantitates indeterminatæ. Sic *Locus primi ordinis* eſt, ſi æquatio $x = ay : c$. *Locus ſecundi ſeu quadratici ordinis*, ſi e. gr. $y^2 = ax$ vel $y^2 = a^2 - x^2$ &c. *Locus tertii ſeu cubici ordinis*, ſi e. gr $y^3 = a^2x$, vel $y^3 = ax^2 - x^3$ &c.

PROBLEMA 231.

Tab. VII. Fig. 71. 586. *Conſtruere loca ad rectam.*

Si $y = ax : b$, $y = ax : b + c$, $y = ax : b - c$, $y = c - ax : b$; Locus ſemper eſt ad rectam. Sit enim angulus datus CAB, in quo fiat $AI = b$, $IE = a$: ductis ipſi EI parallelis quibuscunque PM, *pm* &c. erit $AP = x$, $PM = y$. Eſt enim (§. 268. *Geom.*)

$$AI : IE = AP : PM$$
$$b : a = x : y$$

Ergo $ax : b = y$

Quodſi EI continuetur in G, ita ut ſit $IG = c$, per G agatur DF ipſi AB & ex A AD ipſi EI parallela, erit $AP = DQ = x$, QM, *qm* &c. $= y$. Eſt enim $PM = ax : b$, *per demonſtr.* PQ, *pq* &c. $= c$ (§. 257. *Geom.*). Ergo QM ſeu $qm = ax : b + c = y$.

Si $LG = b$, $GE = a$ & LQ vel $Lq = x$: erit QM vel $qm = ax : b$, *per demonſtr.* Fiat $IG = c$ & per I ducatur ipſi DF parallela AB, erit $PQ = pq = c$ (§. 257. *Geom.*), conſequenter PM vel $pm = ax : b - c$.

Denique ſit $AC = c$ & $AD = b$; ducatur per D recta EF ipſi AC parallela fiatque $DE = a$. Ducatur recta AL & per C ipſi AL parallela CB. Quodſi alia parallela Tab. VII. Fig. 72.

MN

MN ad EF agatur: erit $AP = x$, $PM = y$. Eſt enim (§. 268. *Geom.*).

$$AD : DE = AP : PN$$
$$b : a = x : \frac{ax}{b}$$

Sed $MN = AC = c$ (§. 257. *Geom.*). Ergo $PM = c - ax : b$.

PROBLEMA 232.

587. *Invenire theoremata generalia conſtruendi omnes æquationes locales ad parabolam.*

Duo theoremata nobis inveſtiganda: in quorum altero y refertur ad concavitatem, in altero autem ad convexitatem parabolæ.

Tab VII. Fig. 75. Sint KP & DL, itemque KD & QM inter ſe parallelæ, & LDH angulus quicunque. Sit porro $KA = p$, $DH = q$, $LH = r$, $DK = PN$ (§. 257. *Geom.*) $= n$, $DL = ſ$, & parametro t deſcribatur parabola AM, cujus axis vel diameter AP. Sit porro $DQ = x$, $QM = y$: erit (§. 268. *Geom.*)

$$DH : DL = DQ : DN \ (= PK)$$
$$q : ſ = x : \frac{ſx}{q}$$

$$DH : LH = DQ : QN$$
$$q : r = x : \frac{rx}{q}$$

Ergo $AP = PK - KA = ſx : q - p$ & $PM = QM - KD - QN = y - \frac{rx}{q} - n$

Quare cum ſit $PM^2 = t \cdot AP$ (§. 388.), erit

$$y^2 - \frac{2rxy}{q} + \frac{r^2x^2}{q^2} - 2ny + \frac{2nrx}{q} + n^2 = \frac{tſx - tp}{q}$$

hoc eſt,

$$y^2 - \frac{2rxy}{q} + \frac{r^2x^2}{q^2} - 2ny + \frac{2nrx}{q} + n^2 - \frac{tſx}{q} + tp = 0$$

Sit denuo in caſu altero, ubi IM parallela ipſi DQ & DI ipſi QM, Tab. VII. Fig. 76. $KA = p$, $DH = q$, $LH = r$, $DK = PN$ (§. 257. *Geom.*) $= n$, $DL = ſ$, $IM = DQ = y$, $QM = x$. Parabola AM denuo parametro t deſcribatur. Erit (§. 268. *Geom.*).

$$DH : DL = DQ : DN$$
$$q : ſ = y : \frac{ſy}{q}$$

$$DH : HL = DQ : QN$$
$$q : r = y : \frac{ry}{q}$$

 Ergo

Ergo $AP = DN - AK = ſy:q - p$ & $PM = QM - QN - PN = x - ry:q - n$.

Quare cum ſit $PM^2 = t.AP$; erit (§. 288. 419.)

$$x^2 - \frac{2rxy}{q} + \frac{r^2y^2}{q^2} - 2nx + \frac{2nry}{q} + n^2 = \frac{tſy}{q} - tp$$

hoc eſt,

$$x^2 - \frac{2rxy}{q} + \frac{r^2y^2}{q^2} - 2nx + \frac{2nry}{q} + n^2 = 0 - \frac{tſy}{q} + tp$$

Tab. VII. Fig. 75. Sit e. gr. $y^2 - ax = 0$, erit $-\frac{2r}{q} = 0$ adeoque $\frac{r^2}{q^2} = 0$, & $ſ = q$, porro $n = 0$ & $tſ:q = a$, hoc eſt, $a = t$. Cadit ergo

Fig. 74. punctum D in A & Q in P, nec alia re opus eſt, quam ut parametro a parabola AHM deſcribatur: erit enim $AP = x$, $PM = y$.

Sit $y^2 + ay - bx + \frac{1}{4}aa = 0$; erit $2r:q = 0$, conſequenter H cadit in L, adeo-

Fig. 75. que $ſ = q$. Porro $a = -2n$: ergo $-\frac{1}{2}a = n$. Item: $-t = -b$, adeoque $t = b$. Denique $n^2 + tp = \frac{1}{4}aa$, hoc eſt, $\frac{1}{4}a^2 + bp = \frac{1}{4}a^2$, adeoque $p = 0$. Cadit adeo

Fig. 74. punctum K in A. Parametro itaque b deſcribenda parabola AHM & in A erigenda perpendicularis $AB = \frac{1}{2}a$. Ducta enim BS axi AB parallela, erit ob $n = \frac{1}{2}a$ $MS = y$ & $BS = x$.

Sit $yy - ay - bx + cc = 0$, erit $\frac{2r}{q} = 0$, adeoque $q = ſ$

$$-2n = -a \qquad -t = -b \qquad n^2 + tp = -cc$$

$$n = \tfrac{1}{2}a \qquad t = b \qquad tp = -c^2 - \tfrac{1}{4}aa$$

$$p = \frac{-c^2 - \frac{1}{4}aa}{b}$$

Parametro ergo b deſcribenda parabola AHM & quia KA ſive p eſt quantitas negativa, auferenda eſt ex AP, ita ut origo indeterminatæ x ſtatuatur in R vel N. Denique ob $n = \frac{1}{2}a$; fiat $AD = \frac{1}{2}a$ & ducatur DQ parallela axi AP, erit $NQ = RP = x$ & $QM = y$. Fig. 74.

Sit $x^2 - ay + bb = 0$: erit vi theorematis ſecundi $r:q = 0$, adeoque $q = ſ$. Poro $n = 0$ &

$$-t = -a \qquad tp = bb$$

$$t = a \qquad ap = bb$$

$$p = \frac{bb}{a}$$

Conſtruitur adeo parabola AHM parametro a, factaque $AK = bb:a$; erit $KP = x$, $PM = y$.

Sit $y^2 - \frac{axy}{b} + \frac{a^2x^2}{4b^2} - cx = 0$, erit

$$-\frac{2r}{q} = -\frac{a}{b} \qquad 2n = 0 - \frac{tſ}{q} = -c$$

$$n = 0$$

$r =$

Digitized by Google

$\frac{r}{q} = \frac{a}{2b}$ $\qquad$ $t = \frac{qc}{ſ}$

$\frac{n^2 + tp = 0}{p = 0}$ $\qquad$ $= \frac{2bc}{ſ}$

Fig. 74. Conſtruatur itaque parametro $2bc:ſ$ parabola AHM & factis AN $= 2b$ atque RO ad AP normalis $= a$, ducatur recta AT; erit TM ipſi OR parallela $= y$, AT $= x$.

Ceterum loca eſſe rite conſtructa patet, ſi aſſumtis valoribus, prout per regulam determinantur, quæratur æquatio ad curvam eademque cum propoſita repeiatur. Etenim ſi in exemplo ultimo AR $= 2b$, RO $= a$, parameter $= 2bc:ſ$, AT $= x$, TM $= y$, cum ſit

$$AO : AR = AT : AP$$
$$2b : ſ = x : \frac{ſx}{2b}$$

erit t. AP $= 2bcſx : 2bſ = cx$.

Et Quia AO : OR = AT : FP

$$2b : a = x : \frac{ax}{2b},$$

erit $PM = TM - TP = y - \frac{ax}{2b}$

adeoque $PM^2 = y^2 - \frac{axy}{b} + \frac{a^2x^2}{4b^2}$.

Quare $y^2 - \frac{axy}{b} + \frac{a^2x^2}{4b^2} = cx$, conſequenter $y^2 - \frac{axy}{b} + \frac{a^2x^2}{4b^2} - cx = 0$

quæ eſt æquatio ad conſtruendum propoſita.

PROBLEMA 233.

588. *Invenire theorema generale conſtruendi omnia loca ſolida ad ellipſin.*

Circa diametrum AB deſcripta ſit ellipſis AMB, ſintque KD & LH ſemiordinatæ PM, DL diametro AB parallelæ. Sit KD = PN = n, KC = p, DH = q, LH = r, DL = $ſ$, ſemidiameter AC vel CB = m, parameter = t, DQ = x, QM = y. Erit (§. 257. *Geom.*) KP = DN & (§. 268. *Geom.*) Tab. VII. Fig. 78.

$$DH : HL = DQ : QN$$
$$q : r = x : \frac{rx}{q}$$

$$DH : DL = DQ : DN$$
$$q : ſ = x : \frac{ſx}{q}$$

Quare CP = DN − KC = $ſx : q - p$ & PM = QM − QN − PN = $y - rx : q - n$,

Jam ex natura ellipſis (§. 420).

$$t : 2m = PM^2 : AP.PB.$$

Eſt vero $PM^2 = y^2 - \frac{2rxy}{q} + \frac{r^2x^2}{q^2} -$

 $2ny$

$-2ny+\frac{2nrx}{q}+n^2$, AP $=m+\frac{ſx}{q}-p$ & PB $=m-\frac{ſx}{q}+p$, adeoque AP . PB $=m^2-p^2+\frac{2pſx}{q}-\frac{ſ^2x^2}{q^2}$. Ergo (§. cit.) $y^2-\frac{2rxy}{q}+\frac{r^2x^2}{q^2}-2ny+\frac{2nrx}{q}+n^2=\frac{tm^2}{2m}-\frac{tp^2}{2m}+\frac{2tpſx}{2mq}-\frac{tſ^2x^2}{2mq^2}$.

Unde tandem habetur

$$y^2-\frac{2rxy}{q}+\frac{r^2x^2}{q^2}-2ny+\frac{2nrx}{q}+n^2=0$$
$$+\frac{tſ^2x^2}{2mq^2}\quad-\frac{2tpſx}{2mq}-\frac{tm^2}{2m}$$
$$+\frac{tp^2}{2m}$$

Sit e. gr. $y^2+\frac{cx^2}{b}-\frac{aac}{b}=0$. Quia in æquatione non habentur xy, y & x; erunt $r:q=0$, $q=ſ$, $n=0$, $p=0$ hinc $t:2m=c:b$, hoc eſt, $c:b$ exprimit rationem parametri ad diametrum. Erit porro $-\frac{tm^2}{2m}=-\frac{aac}{b}$, hoc eſt, ſubſtituto pro $t:2m$ valore ipſius ante invento $c:b$, $\frac{m^2c}{b}=\frac{aac}{b}$. Quare $m^2=aa$ & hinc ſemidiameter $m=a$. Jam quoniam $2m:t=b:c$, erit $t=\frac{2ac}{b}$. Parametro igitur $\frac{2ac}{b}$ & axe $2a$ conſtruatur ellipſis AMB: erit CP $=x$, PM $=y$.

Sit $y^2+\frac{cx^2}{b}-\frac{cdx}{b}-\frac{aac}{b}=0$. Quia in æquatione non habentur xy & y, erit $r:q=0$, $n=0$, conſequenter $ſ=q$. Quare $\frac{t}{2m}=\frac{c}{b}$, adeoque ratio diametri AB ad parametrum eſt $=b:c$. Porro $\frac{2tp}{2m}=\frac{cd}{b}$, hoc eſt, ob $t:2m=c:b$, $2p=d$, ſeu $p=\frac{1}{2}d$. Denique $-\frac{tm^2}{2m}+\frac{tp^2}{2m}=-\frac{aac}{b}$, hoc eſt, ob $t:2m=c:b$, $m^2-p^2=aa$, ſeu $m^2=aa+\frac{1}{4}dd$. Eſt itaque ſemidiameter $\sqrt{(aa+\frac{1}{4}dd)}$. Quodſi ergo ſemidiametro $\sqrt{(aa+\frac{1}{4}dd)}$ & parametro $2c\sqrt{(aa+\frac{1}{4}dd)}:b$ deſcribatur ellipſis, fiatque KC $=\frac{1}{2}d$; erit KP $=x$, PM $=y$.

Sit $y^2-dxy:f+bx^2:c-aa=0$. Erit $2r:q=d:f$, adeoque $r:q=d:2f$. Porro $r^2:q^2+tſ^2:2mq^2=b:c$, hoc eſt

Tab. VII. Fig. 77. eſt, $d^2 : 4f^2 + t ſ^2 : 2m . 4f^2 = b : c$, conſequenter $t : 2m = (4bf^2 - cd^2) : c ſ^2$. Eſt denique $n = 0$, $p = 0$ & $-tm^2 : 2m = -aa$, conſequenter $m^2 = a^2 c ſ^2 : (4bf^2 - cd^2)$, adeoque $m = \sqrt{a^2 c ſ^2} : \sqrt{(4bf^2 - cd^2)}$. Hinc vero porro ob datam rationem $2m : t$ reperitur parameter t. Quare ſi parametro t & diametro $2m$ ellipſis conſtruatur fiatque $CF = 2f$, $DF = d$, ducta recta CQ ex C per F ſemiordinatæ PM continuatæ in Q occurrente, erit $QM = y$, $CQ = x$.

Locum rite eſſe conſtructum eodem modo, quo in Parabola oſtenditur. Etenim

$$CF : DF = CQ : QP$$
$$2f : d = x : \frac{dx}{2f}$$

Quare $PM = y - \frac{dx}{2f}$, conſequenter

$$PM^2 = y^2 - \frac{dxy}{f} + \frac{d^2x^2}{4f^2}.$$

Porro $CF : CD = CQ : CP$
$$2f : ſ = x : \frac{ſx}{2f}$$

Quare $AP = \frac{\sqrt{aac ſ^2}}{\sqrt{(4bf^2 - cd^2)}} + \frac{ſx}{2f}$ & $PB = \frac{\sqrt{aac ſ^2}}{\sqrt{(4bf^2 - cd^2)}} - \frac{ſx}{2f}$, conſequenter $AP . PB = \frac{aac ſ^2}{4bf^2 - cd^2} - \frac{ſ^2 x^2}{4f^2}$. Eſt itaque $\frac{t}{2m} . AP . PB = (4bf^2 - cd^2) a^2 c ſ^2 : c ſ^2 (4bf^2 - cd^2) - (4bf^2 ſ^2 x^2 + cd^2 ſ^2 x^2) 4cf^2 ſ^2 = a^2 - \frac{bx^2}{c} + \frac{d^2x^2}{4f^2}$, conſequenter cum ſit in ellipſi $\frac{t}{2m} . AP . PB = PM^2$ (§. 420), $y^2 - \frac{dxy}{f} + \frac{d^2x^2}{4f^2} = a^2 - \frac{bx^2}{c} + \frac{d^2x^2}{4f^2}$. Ergo $y^2 - \frac{dxy}{f} + \frac{bx^2}{c} - a^2 = 0$.

COROLLARIUM.

589. Cum in ellipſi ſit $b : a = y^2 : ax - x^2$ (§. 420.); ſi $b = a$, hoc eſt, ſi parameter diametro æqualis, erit $y^2 = ax - x^2$, ſeu $y^2 - ax + x^2 = 0$, quæ eſt æquatio ad circulum (§. 377). Æquatio itaque localis ad ellipſin degenerat in æquationem localem ad circulum, ſi ponatur $t = 2m$ & angulus ad P rectus: quo facto erit

$$y^2 - \frac{2rxy}{q} + \frac{r^2x^2}{q^2} - 2ny + \frac{2nrx}{q} + n^2 = 0.$$
$$+ \frac{ſ^2x^2}{q^2} \qquad - \frac{2pſx}{q} - m^2 + p^2$$

Ceterum cum ex comparatione formulæ propoſitæ cum generali demum intelligatur, num $t = 2m$; eadem formula pro conſtruendis locis ad ellipſin atque ad circulum ſufficit.

Ponamus e. gr. $y^2 + x^2 - by - cx = 0$. Quoniam xy deeſt, erit $r : q = 0$, conſequenter $ſ = q$. Quare $t : 2m = 1$, hoc eſt, $t = 2m$. Locus adeo planus eſt ad circulum. Porro

$= 2n$

$-2n=-b \qquad -2tp:2m=-c$

$n=\frac{1}{2}b \qquad 2p=c$, ob $t=2m$.

$p=\frac{1}{2}c$

Denique $n^2-m^2+p^2=0$

$n^2+p^2=m^2$

h. e. $\frac{1}{4}b^2+\frac{1}{4}c^2=m^2$

$$m=\sqrt{(\tfrac{1}{4}b^2+\tfrac{1}{4}c^2)}$$

Tab. VII. Fig. 73. Quare ducta linea recta AB & in ea aſſumta $CN = GD = \frac{1}{2}b$, ſi porro fiat $GN = CD$ & ad AB perpendicularis $= \frac{1}{2}c$ atque ex centro C radio CG deſcribatur circulus; erit $GR = NP = x$ & $RM = y$.

Cum enim ſit $CG^2 = CD^2 + GD^2$ (§. 417. *Geom.*), erit $CG = \sqrt{(\frac{1}{4}b^2+\frac{1}{4}c^2)}$. Porro ob $PR = GN$ (§. 257. *Geom.*) $= \frac{1}{2}c$ eſt $PM = y-\frac{1}{2}c$, adeoque $PM^2 = y^2-cy+\frac{1}{4}cc$. Similiter $CP = PN - NC = x-\frac{1}{2}b$, adeoque $CP^2 = x^2-bx+\frac{1}{4}b^2$. Quare cum ſit $CP^2+PM^2 = CM^2$ (§. 417. *Geom.*); erit $y^2-cy+\frac{1}{4}c^2+x^2-bx+\frac{1}{4}b^2 = \frac{1}{4}b^2+\frac{1}{4}c^2$, adeoque $y^2+x^2-cy-bx=0$: quæ eſt æquatio localis ad conſtruendum propoſita.

PROBLEMA 234.

Tab. VIII. Fig. 80. 590. *Invenire theorema generale conſtruendi omnia loca ad hyperbolam circa diametrum deſcriptam.*

Diametro transverſa $AB = 2m$ & parametro t deſcripta ſit hyperbola AM, cujus centrum in C, ductiſque KD & LH cum QM, DL vero cum BP parallelis, fiat $KD = PN = n$, $KC = p$, $DH = q$, $LH = r$, $DL = ſ$, $DQ = x$, $QM = y$, erit (§. 257. *Geom.*) $KP = DN$ & (§. 268. *Geom.*)

$$DH : HL = DQ : QN$$
$$q : r = x : \frac{rx}{q}$$
$$DH : DL = DQ : DN$$
$$q : ſ = x : \frac{ſx}{q}$$

Quare $CP = DN - KC = \frac{ſx}{q} - p$ & $PM = QM - QN - PN = y - rx:q - n$.

Jam (§. 459.)

$$t : 2m = PM^2 : AP.\,PB$$

Eſt vero $PM^2 = y^2 - \frac{2rxy}{q} + \frac{r^2x^2}{q^2} - 2ny + \frac{2nrx}{q} + n^2$ & $AP.PB\,(CP-CA)(CP+CA) = CP^2 - CA^2$ (§. 499.) $= \frac{ſ^2x^2}{q^2} - \frac{2pſx}{q} + p^2 - m^2$. Unde habetur

$$\frac{tſ^2x^2}{2mq^2} - \frac{2tpſx}{2mq} + \frac{tp^2}{2m} - \frac{tm^2}{2m} = y^2 - \frac{2rxy}{q} + \frac{r^2x^2}{q^2} - 2ny + \frac{2nrx}{q} + n^2.$$

Quare

Quare æquatio generalis pro quovis loco hyperbolico.

$$y^2 - \frac{2rxy}{q} + \frac{r^2x^2}{q^2} - 2ny + \frac{2nrx}{q} + n^2 = 0$$
$$- \frac{tſ^2x^2}{2mq^2} + \frac{2tpſ}{2mq} + \frac{tm^2}{2m} - \frac{tp^2}{2m}$$

Quando contingit, reperiri $t = 2m$, hyperbola eſt æquilatera (§. 505).

Eadem formula reperitur, ſi hyperbola ad diametrum conjugatam refertur, niſi quod $tm^2 : 2m$ ſigno $-$ afficiatur.

Sit e. gr. $y^2 - \frac{cx^2}{b} + \frac{aac}{b} = 0$. Cum in æquatione non habeantur xy, y & x; erit $r : q = 0$, $n = 0$, $p = 0$, $ſ = q$, conſequenter $-t : 2m = -c : b$, adeoque ratio parametri t ad diametrum $2m = c : b$ Porro $tm^2 : 2m = aac : b$, hoc eſt, ob $t : 2m = c : b$, $m^2 = aa$. Diameter adeo hyperbolæ $2a$; unde ob rationem dia-
Tab. metri ad parametrum datam reperiri dia-
VII. meter poteſt. Quare ſi datis diametro
Fig. & parametro hyperbola AML conſtrua-
79. tur; erit $CP = x$, $PM = y$. Eſt enim $AC = CB = a$, adeoque $BP\ a + x$ & $AP = x - a$, conſequenter $AP.\ PB = x^2 - a^2$. Quare $c : b = y^2 : x^2 - a^2$ (§. 459.) Eſt itaque $y^2 - \frac{cx^2}{b} + \frac{a^2c}{b} = 0$.

Sit $y^2 - \frac{cx^2}{b} + \frac{acx}{b} = 0$. Quoniam in æquatione deſiderantur xy, y & quantitas pure cognita; erit $r : q = 0$, $n = 0$ & quia ob $r = 0$ DL coincidit cum DH, Fig.
$ſ = q$. Quamobrem $-t : 2m = -c : b$, 80.
hoc eſt, ratio parametri t ad diametrum $2m$ denuo $= c : b$. Porro $2tp : 2m = ac : b$, hoc eſt, ob $t : 2m = c : b$, $2p = a$ ſeu $p = \frac{1}{2}a$: Denique quia ultimus terminus deficit, erit $n^2 + \frac{tm^2}{2m} - \frac{tp^2}{2m} = 0$ ſeu $m^2 = p^2 = \frac{1}{4}aa$, adeoque $m = \frac{1}{2}a$.

Quare cum ob rationem diametri ad Fig.
parametrum datam detur etiam parame- 79.
ter $= \frac{ac}{b}$; constructa hyperbola AML, erit $BP = x$, $PM = y$: quod oſtenditur ut ante.

Sit $y^2 - x^2 + by - ax = 0$. Quia xy deſideratur; erit $r : q = 0$, conſequenter $ſ = q$. Quare $-t : 2m = 1$, hoc eſt, $t = 2m$. Eſt itaque locus ad hyperbolam æquilateram (§. 505.). Porro

$$\frac{-2n = +b}{n = -\frac{1}{2}b} \qquad \frac{\frac{2tp : 2m = -a}{2p = -a,\ \text{ob}\ t = 2m}}{p = -\frac{1}{2}a.}$$

$$n^2 + \frac{tm^2}{2m} = \frac{tp^2}{2m}$$

$$n^2 + m^2 = p^2$$

$$m^2 = p^2 - n^2$$

hoc eſt, $m^2 = \frac{1}{4} aa - \frac{1}{4} bb$

Diametro itaque $2\sqrt{(\frac{1}{4}a^2 - \frac{1}{4}b^2)}$ conſtruatur hyperbola æquilatera AML, fiatque CR $= \frac{1}{2}a$, KR $=$ GP $= \frac{1}{2}b$; erit KG $=$ RP $= x$, GM $= y$. Eſt enim PB $=$ CB $+$ CR $+$ RP $= \sqrt{(\frac{1}{4}a^2 - \frac{1}{4}b^2)} + \frac{1}{2}a + x$ & AP $=$ AR $+$ RP $=$ CR $-$ CA $+$ RP $= \frac{1}{2}a - \sqrt{(\frac{1}{4}a^2 - \frac{1}{4}b^2)} + x$, adeoque AP.PB $= ax + x^2 + \frac{1}{4}b^2$. Porro PM $=$ GM $+$ GP $= y + \frac{1}{2}b$; adeoque PM^2 $= y^2 + by + \frac{1}{4}b^2$. Quare cum ſit PM^2 $=$ AP. PB (§. 507); erit $y^2 + by + \frac{1}{4}b^2 = ax + x^2 + \frac{1}{4}b^2$, adeoque $y^2 + by = ax + x^2$, conſequenter $y^2 - x^2 + by - ax = 0$.

Tab. IIX. Fig. 79.

Sit $y^2 - x^2 - by + ax = 0$. Quia xy deſideratur, erit $r : q = 0$, adeoque $r = 0$ & $q = ſ$. Quare $t : 2m = 1$, ſeu $t = 2m$. Eſt itaque locus ad hyperbolam æquilateram. Porro

$$-2n = -b \qquad 2p = a \qquad n^2 + m^2 - p^2 = 0$$

$$n = \tfrac{1}{2}b \qquad p = \tfrac{1}{2}a \qquad m^2 = p^2 - n^2 = \tfrac{1}{4}a^2 - \tfrac{1}{4}b^2$$

$$m = \sqrt{(\tfrac{1}{4}a^2 - \tfrac{1}{4}b^2)}$$

Fig. 79.

Diametro $2\sqrt{(\frac{1}{4}a^2 - \frac{1}{4}b^2)}$ conſtruatur hyperbola æquilatera AML, factaque CF ex centro C $= \frac{1}{2}a$ & FH ad FP perpendiculari $= \frac{1}{2}b$, ductiſque HN ipſi FP & NM ipſi FH parallelis; erit HN $= x$, NM $= y$. Eſt enim BP $=$ FP $-$ BF $= x - \frac{1}{2}a + \sqrt{(\frac{1}{4}a^2 - \frac{1}{4}b^2)}$, AP $=$ FP $-$ FA $= x - \frac{1}{2}a - \sqrt{(\frac{1}{4}a^2 - \frac{1}{4}b^2)}$, adeoque AP.PB $= x^2 - ax + \frac{1}{4}b^2$. Porro PM $=$ MN $-$ PN $= y - \frac{1}{2}b$, adeoque PM^2 $= y^2 - by + \frac{1}{4}b^2$. Quare cum ſit PM^2 $=$ AP. PB (§. 507), erit $y^2 - by + \frac{1}{4}b^2 = x^2 - ax + \frac{1}{4}b^2$, adeoque $y^2 - x^2 - by + ax = 0$.

PROBLEMA 235.

591. *Invenire theorema generale conſtruendi omnia loca ſolida ad hyperbolam intra aſymptotos.* Tab. VIII. Fig. 81.

Sint SA & AR aſymptoti hyperbolæ MI. Ducatur DL uni earum AR parallela & huic jungatur utcunque recta DH. Sint denique KD, QM, IR, LH alteri aſymptotorum SA parallelæ. Ponamus denuo KD $=$ PN $= n$, KA $= p$, DH $= q$, LH $= r$, DL $= ſ$, DQ $= x$, QM $= y$, RI $= m$, AR $=$ DL $= ſ$: erit (§. 268. *Geom.*)

DH : HL = DQ : QN

$$q : r = x : \frac{rx}{q}$$

DH : DL = DQ : DN

$$q : ſ = x : \frac{ſx}{q}$$

Ergo AP $=$ DN $-$ AK $= \frac{ſx}{q} - p$ &

PM $=$ QM $-$ PN $-$ NQ $= y - n - rx : q$.

Quare ob AR. RI $=$ AP. PM (§. 502.)

mſ

$$mſ = \frac{ſyx}{q} - \frac{ſrx^2}{q^2} - py - \frac{ſnx}{q} + \frac{prx}{q} + pn$$

$$mſq = ſyx - \frac{ſrx^2}{q} - pqy - ſnx + prx + pnq$$

$$mq = xy - \frac{rx^2}{q} - \frac{pqy}{ſ} - nx + \frac{prx}{ſ} + \frac{pnq}{ſ}$$

$$xy - \frac{rx^2}{q} - \frac{pqy}{ſ} + \frac{prx}{ſ} + \frac{pnq}{ſ} = 0.$$
$$\qquad\qquad\qquad - nx \quad - mq$$

Tab. IIX. Fig. 82. Invenitur adhuc regula alia pro locis ad hyperbolam intra aſymptotos, ſi valor ipſius x ponatur eſſe QM.

Sit nimirum IM hyperbola, cujus aſymptoti RA & AS. Ducantur DT, HL & QN cum aſymptoto AS, DL vero cum altera KR & DH ipſi TM parallela. Sit ut ante AK $= p$, KD $=$ PN $= n$, DH $= q$, DL $=$ AR $= ſ$, HL $= r$, RI $= m$, QM $= x$, DQ $=$ TM $= y$. Erit (§. 268. *Geom.*).

DH : DL = DQ : DN

$$q : ſ = y : \frac{ſy}{q}$$

DH : HL = DQ : QN

$$q : r = y : \frac{ry}{q}$$

Ergo AP=DN−AK$= ſy : q - p$ & PM=QM−QN−NP$= x - ry : q - n$.

Quare ob AR.RI=AP.PM (§.502).

$$mſ = \frac{ſxy}{q} - \frac{rſy^2}{q^2} - \frac{ſny}{q} - px + \frac{pry}{q} + pn.$$

Unde tandem eodem modo, quo ante uſi ſumus, reperitur

$$xy - \frac{ry^2}{q} - \frac{pqx}{ſ} + \frac{pry}{ſ} + \frac{pnq}{ſ} = 0.$$
$$\qquad\qquad\qquad - ny \quad - mq$$

Sit e. gr. $xy + \frac{fdy}{e} - \frac{abd}{e} = 0$: erit $r : q = 0$, adeoque $r = 0$ & hinc $q = ſ$, quia L cadit in H, $-pq : ſ = + fd : e$, hoc eſt, ob $q = ſ$, $p = - fd : e$. Porro $+ pr : ſ - n = 0$, quia x in æquatione præſente deficit, & hinc, ob $r = 0$, $n = 0$. Denique $pnq : s - mq = - abd : e$. Sed $pnq : s = 0$; ergo $mq = mſ = abd : e$. Quare ſi $ſ = ab : e$; erit $m = d$. Fiat igitur AR $= ab : e$ & IR $= d$, atque conſtructa hyperbola intra aſymptotos porro OA $= fd : e$; erit OP$=x$, PM$=y$. Nam AP$= x + fd : e$ adeoque AP. PM $= xy + fdy : e$. Quare cum ſit AR. RI $= abd : e$ erit

$$xy + fdy : e = abd : e$$

adeoque $xy + \frac{fdy}{e} - \frac{abd}{e} = 0.$

 Sic

Sit $xy - bxx - cy = 0$. Erit $-r : q = -b : a$, hoc eſt, $r = b$, $q = a$. Porro $-pq : f = -c$. Ergo $p = fc : a$. Cum x in æquatione deſit; $pr : f - n = 0$, ſeu $pr : f = n$, hoc eſt, $bc : a = n$. Denique quoniam terminus ultimus itidem deficit, $pnq : s - mq = 0$, ſeu $pnq : s = mq$, vel $pn : f = m$, hoc eſt, $bc^2 : a^2 = m$. Cognitis valoribus rectarum AK, KD, DH, HL, AR, RI; conſtructio loci manifeſta eſt. Eſt enim $AK = fc : a$, $KD = bc : a$, $DH = a$, $HL = b$, $DL = AR = f$, $RI = bc^2 : a^2$, $DQ = KP = x$, $QM = y$. His enim poſitis, erit $AR . RI = fbc^2 : a^2$. Porro (§. 268. *Geom.*).

$$DH : DL = DQ : DN$$
$$a : f = x : \frac{fx}{a}$$

Quare cum ſit $KA = fc : a$, erit $AP = (fx - fc) : a$. Eſt vero etiam

$$DH : LH = DQ : QN$$
$$a : b = x : \frac{bx}{a}$$

Quare cum ſit $KD = PN = bc : a$ & $QM = y$, erit $PM = y - bx : a - bc : a$. Habemus adeo $AP . PM = \frac{fxy}{a} - \frac{fcy}{a} - \frac{bfx^2}{a^2} + \frac{bfc^2}{a^2}$.

Quoniam itaque $AR . RI = AP . PM$, erit $\frac{fxy}{a} - \frac{fcy}{a} - \frac{bfx^2}{a^2} + \frac{bfc^2}{a^2} = \frac{bfc^2}{a^2}$: unde reperitur $xy - cy - \frac{bx^2}{a} = 0$.

SCHOLION.

592. Ut uſus hujus doctrinæ appareat, exempla aliquot problematum indeterminatorum in medium afferenda. Antequam tamen id fiat, tradenda ſunt criteria, unde judicium fieri poſſit, cum quanam formularum antecedentium comparanda ſit æquatio ad conſtruendum propoſita. Nimirum duo occurrere poſſunt caſus: aut enim in æquatione propoſita habetur xy, *aut minus. Si in priori caſu quadratorum indeterminatorum neutrum occurrat, vel ſaltem alterutrum, locus eſt hyperbola intra aſymptotos; ſi quadrata indeterminatarum* x^2 & y^2 *diverſis ſignis afficiuntur, locus eſt hyperbola circa diametrum deſcripta; ſi eadem quadrata eodem ſigno afficiuntur, ſitque coefficiens dimidius facti* xy *æqualis radici coefficientis quadrati* x^2, *locus eſt parabola; ſi minor, hyperbola; ſi major, ellipſis. In caſu poſteriori ſi unum tantum quadratorum indeterminatorum adſit, locus eſt parabola; ſi utrumque eodem ſigno afficiatur, ellipſis vel circulus; ſi ſignis diverſis gaudeant, hyperbola. Nempe in caſu ultimo hyperbola eſt æquilatera, in penultimo circulus, ſi terminus* x^2 *a fractione liber. Quæ omnia manifeſta ſunt ex accurata formularum generalium inter ſe collatarum contemplatione. Quod ſi quantitatis alicujus valor per regulam generalem eruitur negativus, quantitas iſta ex parte oppoſita ſumenda eſt, quemadmodum in exemplis propoſitis a nobis factum.*

PROBLEMA 236.

593. *Conſtruere rhomboidem ea con-*

Digitized by Google

conditione, ut rectangulum ex lateribus ſit æquale quadrato dato.

Tab. IV. Fig. 51. Sit quadratum datum a^2, ſint latera rhombi x & y: erit per conditionem problematis $xy = a^2$. Conſtruenda itaque eſt hyperbola intra aſymptotos CG & CR, cujus potentia AI $= a$. Erit CQ latus unum rhomboidis, QM alterum (§. 488).

PROBLEMA 237.

594. *Quadratum conſtruere, quod ſit æquale rectangulo, cujus latera differunt recta data.*

Sit recta data $= b$, latus unum rectanguli $= x$, erit alterum $= b + x$. Unde per conditionem problematis $y^2 = bx + x^2$: qui eſt locus ad hyperbolam æquilateram, cujus parameter $= b$ (§. 505).

Id etiam ex formula generali elicitur. Quoniam enim $y^2 - x^2 - bx = 0$, erit (§. 590) $2r:q = 0$, adeoque $r = 0$, $q = ſ$, $r^2 : q^2 = 0$; porro $2n = 0$ & hinc $2nr : q = 0$, $n^2 = 0$. Eſt vero $-tſ^2 : 2mq^2 = -1$, hoc eſt, ob $q^2 = ſ^2$, $t : 2m = 1$ ſeu $t = 2m$. Unde apparet, locum eſſe ad hyperbolam æquilateram. Eſt præterea $2tpſ : 2mq = -b$, hoc eſt, ob $t = 2m$ & $ſ = q$, $2p = -b$, unde $p = -\frac{1}{2}b$. Denique $tm^2 : 2m - tp^2 : 2m = 0$, quia quantitas mere cognita in formula data non habetur, hoc eſt $m^2 - p^2 = 0$, ſeu $m^2 = p^2 = \frac{1}{4}bb$. Unde $m = \frac{1}{2}b$. Tab. IIX. Fig. 80. Conſtructio ex conſtructione generali haud difficulter elicitur. Nimirum pro diametro transverſa AB $= m$ pone b. Quia KC $= -\frac{1}{2}b$, punctum K cadet in partem contrariam & quidem in A, quia ſemidiametro in hoc caſu æqualis. Unde origo indeterminatæ x erit in A, nam ob DK $=$ PN $= 0$, punctum D in K, conſequenter in noſtro caſu in A cadit. Porro ob HL $= 0$ puncta H & L, adeoque & puncta Q & N, & ob PN $= 0$, puncta N & P, conſequenter Q & P coincidunt: unde origo alterius indeterminatæ y eſt in P.

Eſt enim BP $= b + x$, adeoque AP. PB $= bx + x^2$, Quare cum PM$^2 = y^2$; erit $y^2 = bx + x^2$.

RPOBLEMA 238.

595. *Super data recta* AB *triangulum conſtruere, ita ut quadrata laterum* AC *&* CB *ſint in ratione data.* Tab. IIX. Fig. 83.

Sit ratio data $= b:c$ DB $= x$
AB $= a$ DC $=$ y
erit AD $= a - x$

Quoniam (§. 417. *Geom.*) AC$^2 = y^2 + a^2 - 2ax + x^2$ & CB$^2 = x^2 + y^2$; erit per conditionem problematis

$b : c = y^2 + a^2 - 2ax + x : x^2 + y^2$

$bx^2 + by^2 = cy^2 + a^2c - 2acx + cx^2$

$by^2 - cy^2 + bx^2 - cx^2 + 2acx - a^2c = 0$

$$y^2 + x^2 + \frac{2ac}{b-c}x - \frac{a^2c}{b-c} = 0$$

Hæc æquatio comparanda eſt cum æquatione generali locorum ad ellipſin, quia deeſt xy & y^2 atque x^2 eodem ſigno afficiuntur (§. 592). Reperitur adeo (§. 588.)

$\frac{2r}{q} = 0 \quad -2n = 0 \quad \frac{r^2 : q^2 + t\text{ſ}^2 : 2mq^2}{t : 2m} = 1$

hinc: $r = 0$ & $q = \text{ſ} \quad 2nr : q = 0$ h. e. $t = 2m$

Cum diameter $2m$ parametro æqualis ſit; locus ad conſtruendum propoſitus eſt circulus.

Porro

$$\frac{2nr}{q} - \frac{2tp\text{ſ}}{2mq} = \frac{2ac}{b-c} \qquad \frac{n^2 - tm^2}{2m} + \frac{tp^2}{2m} = -\frac{a^2c}{b-c}$$

h. e. $2p = -\frac{2ac}{b-c} \qquad p^2 - m^2 = -\frac{a^2c}{b-c}$

$$p = -\frac{ac}{b-c} \qquad p^2 + \frac{a^2c}{b-c} = m^2,$$

$$\frac{a^2c^2}{(b-c)^2} + \frac{a^2c}{b-c} = m^2$$

h. e. $$\frac{a^2c^2 + a^2bc - a^2c^2}{(b-c)^2} = m^2$$

$$\frac{a^2bc}{(b-c)^2} = m^2$$

$$\frac{a\sqrt{bc}}{b-c} = m,$$

Eſt ergo radius circuli $= a\sqrt{bc} : (b-c)$. Quodſi igitur $AL = ac : (b-c)$ & radio $CL = a\sqrt{bc} : (b-c)$ deſcribatur circulus ECF: erit $AD = = x$, $DC = y$. Nam ponatur brevitatis gratia $AL = p$, $LF = m$; erit $DL = p - x$, $ED = m - p + x$ & $DF = m + p - x$, conſequenter, ob $ED . DF = DC^2$, $m^2 - p^2 + 2px - x^2 = y^2$

$$y^2 + x^2 - px + p^2 - m^2 = 0$$

hoc eſt, ſubſtitutis valoribus p & $p^2 - m^2$, erit $y^2 + x^2 + \frac{2ac}{b-c}x - \frac{a^2c}{b-c} = 0.$

PROBLEMA 239.

596. *Duas rectas* AB *&* CD *ita ſecare in* E *&* F, *ut* AE . EB = CF . FD. Tab. VIII. Fig. 84.

Sit

Sit $AB = a$, $AE = x$
$CD = b$, $CF = y$
erit $EB = a - x$
$FD = b - y$
Quare $ax - xx = by - yy$

$$y^2 - x^2 - by + ax = 0$$

Hæc æquatio comparanda cum æquatione locali pro hyperbola. Eſt nempe

$\frac{2r}{q} = 0$ & hinc $q = s$; $\frac{r^2}{q^2} = 0$; $q^2 = s^2$; $\frac{2nr}{q} = 0$

$\frac{ts^2}{2mq^2} = -1$; $-2n = -b$; $\frac{2tps}{2mq} = a$

$t : 2m = 1$; $n = \frac{1}{2}b$; $2p = a$

$t = 2m$; $p = \frac{1}{2}a$

$$n^2 + \frac{tm^2}{2m} - \frac{tp^2}{2m} = 0$$

$$n^2 + m^2 - p^2 = 0$$

$$m^2 = p^2 - n^2$$

hoc eſt, $\frac{1}{4}aa - \frac{1}{4}bb$

$$m = \surd(\tfrac{1}{4}aa - \tfrac{1}{4}bb)$$

Quoniam $t = 2m$, hoc eſt, parameter diametro æqualis; hyperbola eſt æquilatera (§. 505), diametro $= 2\surd(\frac{1}{4}aa - \frac{1}{4}bb)$ conſtruenda. Cum diametro determinata AB agatur parallela HN & cum MN altera FH, ita ut ſit $FH = PN = \frac{1}{2}b$ & $CF = \frac{1}{2}a$, erit $HN = x$ & $MN = y$. Eſt enim $CP = x - \frac{1}{2}a$; $PM = y - \frac{1}{2}b$, & $AC = \surd(\frac{1}{4}aa - \frac{1}{4}bb)$. Quare, ob $AP \cdot PB = PB^2 - AC^2 = PM^2$,

$$x^2 - ax + \tfrac{1}{4}aa - \tfrac{1}{4}aa + \tfrac{1}{4}bb = y^2 - by + \tfrac{1}{4}bb$$

$$x^2 - ax = y^2 - by$$

$$y^2 - x^2 - by + ax = 0.$$

PROBLEMA 240.

597. *Super recta* AB *deſcriptus ſit ſemicirculus* ANB, *& alius minor* ERD. *Ex puncto quocunque* N *demittatur ad* AB *perpendicularis* PN, *ductoque radio* CN, *ex puncto* R *perpendicularis alia* RM. *Determinare locum, in quo ſunt omnia puncta* M *eodem modo determinata.* Tab. IIX. Fig. 85.

Sit $AB = a$, $ED = d$, $AP = x$, $PM = y$: erit $PB = a - x$, $PN = \surd(ax - x^2) = v$ (§. 377.), $PC = \frac{1}{2}a - x$, $NR = \frac{1}{2}a - \frac{1}{2}d$ & (§. 268. *Geom.*)

$$NC : NP = NR : NM$$

$$\tfrac{1}{2}a : v = \tfrac{1}{2}a - \tfrac{1}{2}d : \frac{(a-d)v}{a}$$

Quare $PM = v - \frac{av + dv}{a} = \frac{av - av + dv}{a} = \frac{dv}{a}$, conſe-

quen-

quenter $PM^2 = y^2 = d^2 v^2 : a^2$. Unde habetur $a^2 y^2 = d^2 (ax - x^2)$, ſubſtituto nimirum valore ipſius v^2, quæ æquatio in ſequentem reſolvitur analogiam:

$$y^2 : ax - x^2 = d^2 : a^2$$

h. e. $PM^2 : PA.PB = CF^2 : AC^2$

Unde intelligitur locum punctorum M eſſe ellipſin, cujus axes conjugati AB & ED (§.430).

SCHOLION.

598. *Aparet adeo curvam, quam fornicibus conſtruendis aptam prædicat* Serlius (k) *eſſe ellipſin.*

COROLLARIUM.

599. Quoniam $PN = v$, $PM = \frac{1}{2}dv : \frac{1}{2}a$; erit $PN : PM = v : \frac{\frac{1}{2}dv}{\frac{1}{2}a}$

hoc eſt (§.124.) $\frac{1}{2}av : \frac{1}{2}dv$

$\frac{1}{2}a : \frac{1}{2}d$

CG : CF

PROBLEMA 241.

600. *Super recta* HI *deſcribatur* Tab. IIX. Fig. 86. *ſemicirculus* HGI. *Sit recta quæcunque* AB *bifariam diviſa in* C *&* *ex* C *erecta perpendicularis* CD = GF. *Erecta perpendiculari* LN *fiat* DC : AC = HL : AP *& in* P *erigatur perpendicularis* PM = NL.

Determinare locum, in quo ſunt omnia puncta M *eodem modo inventa.*

Sit $HF = GF = DC = d$, $AC = a$, $AP = x$, $PM = y$: erit ex hypotheſi

$$AC : DC = AP : HL$$

$$a : d = x : \frac{dx}{a}$$

Quare $LI = 2d - dx : a = (2ad - dx) : a$, & hinc $LN^2 = (2addx - ddxx) : aa$ (§.367). Habemus itaque *ex hypotheſi*:

$$y^2 = (2addx - ddxx) : aa$$

adeoque, $aa : 2ax - xx = dd : y^2$.

Eſt igitur locus quæſitus ellipſis, cujus ſemiaxes conjugati AC & CD (§.430).

SCHOLION.

601. *Evidens adeo eſt, curvam, quam* Albertus Durerus *& cum ipſo* Daniel Hartmannus (l) *fornicibus conſtruendis aptam prædicant, eſſe ellipſin Apollonianam.*

PROBLEMA 242.

602. *Rectam* DB *ita ſecare in* P Tab. IIX.
ſimulque invenire aliam rectam y, Fig. 87.
ita ut rectangulum ex y *in datam* CA *ſit æquale rectangulo ex ſegmentis partium* DP *&* PB.

Sit $DB = a$, $AC = b$, $DP = x$, erit

PB

(k) Architect. lib. 1. c. 1. f. m. 9. b. (l) In der bürgerlichen Bau-Kunſt f. 7. & ſeqq.

PB=$a-x$, conſequenter per conditionem problematis

$$ax - xx = by$$

$$x^2 - ax + by = 0.$$

Eſt itaque locus ad parabolam (§. 592).

Quodſi cum æquatione locali ad parabolam generali modo inventam compares; erit (§. 587.)

$$-\frac{2r}{q} = 0 \qquad -2n = -a \qquad -t\text{ſ}:q = b$$

hinc $q = \text{ſ}$ $\qquad n = \frac{1}{2}a \qquad t = -b$

$$rm + tp = 0$$

$$\frac{1}{4}aa - bp = 0$$

$$\frac{1}{4}aa = bp$$

$$\frac{1}{4}aa : b = p$$

Eſt adeo parameter $= -b$. Quare parametro b deſcribenda eſt parabola deorſum tendens AMB, cujus pars altera AD, ſeu quod perinde eſt, deſcribitur parabola circa axem AK (§. 393) & in eo fit AK $= \frac{1}{4}aa : b$, erit KB $= \frac{1}{2}a$ (§. 388.) $= \frac{1}{2}$ DB, adeoque DB linea ad ſecandum propoſita. Ducta igitur PM ipſi AK parallela, erit PB $= x$, PM $= y$. Nam KP $=$ RM $= \frac{1}{2}a - x$ & AR $= \frac{1}{4}aa : b - y$. Quare (§. 388) $\frac{1}{4}aa - ax + xx = \frac{1}{4}aa - by$, conſequenter $x^2 - ax + by = 0$.

(*Wolfii Math. Tom. I.*)

PROBLEMA 243.

603. *Datam rectam* MN *in tres partes continue proportionales ſecare.* Tab. IIX. Fig. 87.

Sit MN $= a$, pars prima $= x$, ſecunda $= y$, erit tertia $= yy : x$ & per conditionem problematis

$$x + y + yy : x = a \qquad \times x$$

$$xx + xy + yy = ax$$

$$yy + xy + xx - ax = 0$$

Cum locus ſit ad circulum (§. 592.); æquatio comparanda eſt, cum formula generali ad circulum. Erit ergo $-\frac{2r}{q} = 1$, hoc eſt, $\frac{r}{q} = -\frac{1}{2}$, nempe $r = -1$ & $q = 2$.

Porro

$$\frac{r^2}{q^2} + \frac{\text{ſ}^2}{q^2} = 1 \qquad 2n = 0.$$

$$\text{hinc } \frac{2nr}{q} = 0$$

$$\frac{1}{4} + \frac{\text{ſ}^2}{4} = 1 \qquad n^2 = 0$$

$$1 + \text{ſ}^2 = 4 \qquad -\frac{2p\text{ſ}}{q} = -a$$

$$\text{ſ}^2 = 3 \qquad \frac{2p\sqrt{3}}{2} = a$$

ſ $= \sqrt{3}$ $\quad p = \frac{a}{\sqrt{3}}$

$$m^2 = n^2 + p^2$$
$$= p^2$$

$$m = p$$
$$= a : \sqrt{3}$$

Tab. IIX. Fig. 88. Deſcribatur ergo radio $AC = a : \sqrt{3}$ ſemicirculus, fiat ob valorem negativum ipſius r $HL : AL = 1 : \sqrt{3}$, ob valorem ſcilicet ipſius r negativum triangulum ALH contraria ratione conſtruendum, ita ut angulus rectus ſit in L, qui in formula generali ſupponitur in H: ita enim prodit ſ$=\sqrt{3}$, quemadmodum ex regula eruitur per theorema Pythagoricum. Ducatur porro recta AHR. Quodſi inter C & B erigatur perpendicularis PM: erit $AQ = x$, $QM = y$. Nam (§. 268. *Geom.*)

$$AH : HL = AQ : QP$$
$$2 : 1 = x : \tfrac{1}{2}x$$

Unde $PM = y + \frac{1}{2}x$ & $PM^2 = y^2 + xy + \frac{1}{4}x^2$

Porro $AH : AL = AQ : AP$

$$2 : \sqrt{3} = x : \frac{x\sqrt{3}}{2}$$

Unde $PB = AB - AP = \frac{2a}{\sqrt{3}} - \frac{x\sqrt{3}}{2}$

& $AP . PB = ax - \frac{3}{4}x^2$ Habemus adeo (§. 377).

$$y^2 + xy + \tfrac{1}{4}xx = ax - \tfrac{3}{4}x^2$$

$$y^2 + xy + x^2 - ax = 0.$$

SCHOLION.

604. *Eodem modo æquationes locales inveniri poſſunt pro Curvis ſuperiorum generum ad conſtruenda loca hyperſolida. Primus formulas generales computavit* Johannes Craigius (m) *earumque uſum deinde uberius expoſuit* Hoſpitalius (n).

CAP. VII.

DE CONSTRUCTIONE ÆQUATIONUM SUPERIORUM.

PROBLEMA 244.

605. *Æquationem quamcunque geometrice conſtruere.*

1. Introducatur in æquationem datam nova indeterminata, &
2. Hujus ope æquatio in alias locales

(m) In Tractatu de figurarum curvilinearum Quadraturis & Locis geometricis p. 62. & ſeqq. (n) Traité analytique des Sect. con. lib. 3. p. 206. & ſeqq.

Digitized by Google

cales ad diverſas curvas transformetur, in quibus nempe ſint duæ indeterminatæ.

3. Conſtruantur duæ æquationes locales. Communis enim interſectio radices determinabit.

SCHOLION.

606. *Genuinum hoc æquationes conſtruendi artificium primus aperuit* Renatus Franciſcus Sluſius, *Canonicus Leodienſis* (o): *quem poſtea ſecuti ſunt alii de hac materia commentati. Ut autem methodi vim intelligamus; eam exemplis cubicarum inprimis & quadrato-quadraticarum æquationum illuſtrabimus, quoniam ad has conſtruendas ſufficiunt, quæ de locis planis & ſolidis in capite præcedente tradidimus.*

PROBLEMA 245.

607. *Conſtruere æquationem cubicam* $y^3 + aby = aac$.

Æquatio propoſita $y(y^2 + ab) = ac$ in hanc reſolvitur analogiam

$$a : y = y^2 + ab : ac$$

ut nova indeterminata in æquationem introducatur & ejus ope æquatione locales ad diverſas curvas eliciantur, fiat

$$a : y = y : x$$

erit I. $ax = y^2$. Hinc $x = y^2 : a$ Porro $y : x = yy + ab : ac$ (§.167. Arithm.) hoc eſt, $ax + ab : ac$

ſeu (§.124.) $x + b : c$

$$\text{II.}\quad x^2 + bx = cy$$

$$ax = y^2$$
$$x^2 + bx = cy$$

$$\text{III.}\ ax - x^2 - bx = y^2 - cy$$

$$ax = y^2$$
$$x^2 + bx = cy$$

$$\text{IV.}\ x^2 + ax + bx = y^2 + cy$$

$$x^2 + bx = cy$$
$$x^2 + \frac{by^2}{a} = cy$$

$$\text{V.}\ y^3 + \frac{ax^2}{b} = \frac{acy}{b}$$

$$y^3 + aby = aac \quad a$$
$$\frac{y^3}{a} + by = ac$$

$$\text{VI.}\ xy + by = ac$$

Habemus adeo æquationes locales:

I. $y^2 - ax = 0$

II. $x^2 + bx - cy = 0$

III. $y^2 + x^2 - cy \begin{array}{l} + bx \\ - ax \end{array} = 0$

IV. $y^2 - x^2 + cy \begin{array}{l} - ax \\ - bx \end{array} = 0$

V: $y^2 + \frac{ax^2}{b} - \frac{acy}{b} = 0$

VI. $xy + by - ac = 0$

Locus primus & ſecundus ſunt ad parabolam; tertius ad circulum;

(o) Meſolabo Part. 2. integra.

Digitized by Google

lum; quartus ad hyperbolam æquilateram; quintus ad ellipſin; ſextus ad hyperbolam intra aſymptotos.

Equidem conſtructio æquationis abſolvi poteſt, duobus quibuscunque locis combinatis; præſtat tamen nonniſi circulum cum una ex ſectionibus conicis combinari, non tam quod circulus ſit locus planus (ut vulgo cum *Carteſio* ſentiunt); ſed quia facilius deſcribitur ſectionibus coni.

Agedum itaque, conſtruamus æquationem propoſitam primum ope æquationis ad parabolam $y^2 - ax = 0$ & alterius ad circulum $y^2 + x^2 - cy + bx - ax = 0$

Tab. IX. Fig. 89. Locus prior conſtruitur, ſi parametro a parabola deſcribatur: erit origo indeterminatæ x in vertice, nempe $AP = x$, $PM = y$ (§. 587).

Pro circulo erit vi theorematis generalis (§. 589).

$\frac{2r}{q} = 0$ & hinc $q = ſ$ $\qquad 2n = c$, $n = \frac{1}{2}c$ $\qquad -2p = b - a$, $-p = \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}a$

$(r^2 + ſ^2) : q^2 = 1$

ſeu $ſ = q$

$$n^2 + p^2 = m^2$$

$$\frac{1}{4}cc + \frac{1}{4}aa - \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb = m^2$$

$\surd (\frac{1}{4}cc + \frac{1}{4}aa - \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb) = m$

Quodſi ergo radio $AL = m$ ſemicirculus AMB deſcribatur, fiatque $LK = \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}a$, quia valor ipſius p negativus, & $KD = \frac{1}{2}c$, atque DQ ipſi AB, QM vero inter K & A ob valorem ipſius p negativum, ſi $b > a$, ipſi KD parallela ducatur: erit (§. 588. 589.) origo indeterminatæ x in D, nempe $DQ = x$ & $QM = y$. Tab. IX. Fig. 90.

Si jam circulus cum parabola combinandus, quo eadem ſit indeterminatarum origo, punctum D in A & DQ ſuper AP cadere debet. Quare ſi fiat perpendicularis $AK = \frac{1}{2}c$ & altera $KL = \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}a$: erit centrum circuli L & radius LA. Quodſi is deſcribatur, ſecabit parabolam in unico puncto M. Dico, ſemiordinatam parabolæ PM eſſe radicem veram æquationis, radices duas reliquas non niſi imaginarias. Fig. 90. & 89.

Eſt nimirum $AK = PR = \frac{1}{2}c$, $KL = \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}a$, adeoque $LA = \surd (\frac{1}{4}bb - \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}aa + \frac{1}{4}cc)$, qui eſt radius circuli per ſuperius demonſtrata, &, ſi $PM = y$, $MR = y - \frac{1}{2}c$. Porro $AP = KR = yy : a$ (§. 391), conſequenter $LR = y^2 : a + \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}a$ & hinc ob LM^2 ſeu $LA^2 = LR^2 + MR^2$ (§. 417. *Geom.*) $\frac{1}{4}bb - \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}aa + \frac{1}{4}cc = \frac{y^4}{aa}$

$+ by$

$$+\frac{by^2+\frac{1}{4}bb-y^2-\frac{1}{2}ab+aa+y^2-cy}{a}+\frac{1}{4}cc$$, hoc eſt,

$$\frac{y^4}{aa}+\frac{by^2}{a}-cy=0$$

$$y^4+aby^2-aacy=0$$

$$y^3+aby-aac=0$$

Quodſi fuerit $a>b$, erit $p=\frac{1}{2}a-\frac{1}{2}b$, conſequenter cum valor ipſius p ſit poſitivus, punctum K cadet ultra centrum L verſus B, & $KL=\frac{1}{2}a-\frac{1}{2}b$, $KD=\frac{1}{2}c$ ut ante. Cetera fiunt ut ante. Cadit vero tum centrum L infra AK.

Conſtruamus porro eandem aquationem combinato circulo cum ellipſi. Quoniam locus ad ellipſin eſt $y^2+\frac{ax^2}{b}-\frac{ac}{b}y=0$; erit (§. 588)

$$\frac{2r}{q}=0 \qquad \frac{n^2}{2m}=tm^2$$

hinc $q=ſ$ $\qquad \frac{a^2c^2}{4b^2}=\frac{am^2}{b}$

$$\frac{t}{2m}=\frac{a}{b} \qquad \frac{ac^2}{4b}=m^2$$

$$2n=\frac{ac}{b} \qquad \frac{1}{2}\sqrt{\frac{ac^2}{b}}=m$$

$$n=\frac{ac}{2b}$$

$$\frac{2nr}{q}-\frac{2tpſ}{2mq}=0$$

$$-\frac{2tp}{2m}=0$$

$$p=0$$

Eſt itaque ratio parametri t ad diametrum $2m$ ut a ad b: ellipſis diametro $AB=\sqrt{\frac{ac^2}{b}}$ & parametro t deſcribenda & in centro C erecta perpendiculari $CF=ac:2b$, ductisque FQ ipſi AC & QM ipſi CF parallelis, erit $FQ=x$ & $QM=y$, origo nempe indeterminatæ x in F. Circulus itaque ita combinandus cum ellipſi, ut punctum D in F & DK ſuper FC cadat, hoc eſt, $FC=\frac{ac}{2b}$ continuetur in K, donec fiat $FK=\frac{1}{2}c$ (eſt enim $b>a$, hinc $bc>ac$, conſequenter $c>ac:b$) & in K erigatur perpendicularis $KL=\frac{1}{2}b-\frac{1}{2}a$:

Tab. IX. Fig. 90.

$b-\frac{1}{2}a$: erit enim per præcedentia L centrum, LF radius circuli, qui deſcriptus ellipſin in M ſecabit. Dico QM eſſe radicem æquationis.

Ponamus enim QM=y. Quoniam $CF=PQ=ac:2b$ & $FQ=CP=x$, $AC=\frac{1}{2}\sqrt{(ac^2:b)}$; erit $PM=QM-PQ=y-ac:2b$, $AP=\frac{1}{2}\sqrt{(ac^2:b)}-x$, $PB=\frac{1}{2}\sqrt{(ac^2:b)}+x$, $PM^2=y^2-acy:b+a^2c^2:4b^2$ & $AP.PB=ac^2:4b-x^2$, & ex natura ellipſis (§. 420).

$$b:a=\frac{ac^2}{4b}-x^2:y^2-\frac{acy}{b}+\frac{a^2c^2}{4b^2}$$

$$\frac{a^2c^2}{4b^2}-\frac{ax^2}{b}=y^2-\frac{acy}{b}+\frac{a^2c^2}{4b^2}$$

$$y^2+\frac{ax^2}{b}-\frac{acy}{b}=0$$

$$\frac{ax^2}{b}=\frac{acy}{b}-y^2$$

$$x^2=cy-by^2:a$$

Porro $KR=QF=x$, $KL=\frac{1}{2}b-\frac{1}{2}a$, $KF=QR=\frac{1}{2}c$, adeoque $MR=MQ-QR=y-\frac{1}{2}c$, $RL=x+\frac{1}{2}b-\frac{1}{2}a$, conſequenter (§. 417. *Geom.*) $LF^2=ML^2=KL^2+KF^2=\frac{1}{4}bb-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}aa+\frac{1}{4}cc=MR^2+RL^2=y^2-cy+\frac{1}{4}cc+x^2+bx+\frac{1}{4}bb-ax-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}aa$. Unde habemus

$$y^2+x^2-cy+bx-ax=0$$

hoc eſt, ob $x^2=cy-by^2:a$

$$y^2+cy-\frac{by^2}{a}-cy+bx-ax=0$$

$$\frac{ay^2-by^2}{a}+bx-ax=0$$

ſeu $\frac{ay^2-by^2}{a}=ax-bx$ $\quad (:a-b)$

$$\frac{y^2}{a}=x$$

$$\frac{y^4}{aa}=x^2$$

$$\frac{y^4}{aa}=cy-\frac{by^2}{a} \quad (\times aa)$$

$$y^4=aacy-aby^2 \quad (:y)$$

$$y^3=aac-aby$$

$$y^3+aby-aac=0.$$

Conſtruamus denique eandem æquationem combinatis loco ad hyper-

hyperbolam intra aſymptotos $xy + by - ac = 0$ & loco ad circulum $y^2 + x^2 - cy + bx - ax = 0$. Poſterioris conſtructionem jam tradidimus: alterius conſtructio elicitur comparatione æquationis propoſitæ cum formula generali pro locis ad hyperbolam intra aſymptotos inſtituta. Eſt nempe (§. 591).

$$\frac{r}{q} = 0 \quad p = 0 \quad -n = b \quad -mq = -ac$$

$$q = ſ \quad \frac{pr}{ſ} = 0 \quad n = -b \quad \text{hinc}$$

$$m = c \quad q = a$$

Tab. IX. Fig. 92. Jungantur ipſi $AR = a$ recta $RI = c$ & indefinita AS ad angulos rectos, quæ erunt aſymptoti hyperbolæ æquilateræ per punctum I deſcribendæ (§. 489). Fiat $AD = b$, quia valor ipſius b negativus: erit $NM = DT = x$, $TM = y$ (§. *cit.*).

Tab. IX. Fig. 90. & 92. Quodſi jam circulus cum hyperbola combinari debet; punctum D in D & recta DQ ſuper DT cadere debet. Scilicet ex D in K transferatur $DK = \frac{1}{2}c$ & ex K in L $\frac{1}{2}b - \frac{1}{2}a$. Radio DL deſcribatur circulus & ex puncto interſectionis circuli atque hyperbolæ M demittatur perpendicularis TM: dico hanc eſſe radicem æquationis.

Quoniam enim $AR = a$, $RI = c$, $AD = PN = b$, $NM = DT = x$, $TM = AP = y$; erit $AT = PM = b + x$ & ob $AR . RI = AP . PM$ (§. 501.) $by + xy = ac$, conſequenter $x = \frac{ac}{y} - b$. Porro $KR = NM = x$, $LK = \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}a$, $DK = TR = \frac{1}{2}c$. Ergo $LR = x + \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}a$, $RM = y - \frac{1}{2}c$, & ob $LM^2 = LR^2 + RM^2$ (§. 417. *Geom.*) $x^2 + bx + \frac{1}{4}bb - ax - \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}a^2 + y^2 - cy + \frac{1}{4}c^2 = \frac{1}{4}aa - \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb + \frac{1}{4}cc$, hoc eſt,

$$y^2 - cy = ax - x^2 - bx$$

ſeu

$$(a - x - b)\,x$$

$$y^2 - cy = \left(a - \frac{ac}{y} + b - b\right)\left(\frac{ac}{y} - b\right)$$

$$= \left(a - \frac{ac}{y}\right)\left(\frac{ac}{y} - b\right)$$

hoc eſt,

$$y^2 - cy = \frac{aac}{y} - \frac{a^2c^2}{y^2} - ab + \frac{abc}{y}$$

$$y^2$$

$$y^4 - cy^3 = a^2cy - a^2c^2 - aby^2 + abcy$$

$$y - c$$

$$y^3 = a^2c - aby$$

$$y^3 + aby - a^2c = 0$$

SCHOLION.

608. *Mirabuntur forte, qui tyrones ſunt in altioribus, quod tam operoſe conſtruxerimus æquationem, quæ per regulam*

lam Carteſii *ope circuli & parabolæ admodum facile conſtruitur. Sed notent velim, geometricas æquationum conſtructiones nullius fere in praxi eſſe uſus, cum eidem ſatisfaciat methodus extrahendi radicem per approximationem Faciunt vero ad exercendam ingenii vim & recludendos inventionum fontes. Quamobrem methodus inveniendi conſtructiones iſtiusmodi quam maxime explicari debet.*

RPOBLEMA 246.

609. *Conſtruere æquationem cubicam* $y^3 - aby = aac$.

Æquatio propoſita in hanc reſolvitur analogiam:

$$a : y = yy - ab : ac$$

Ut nova indeterminata in æquationem introducatur & æquationes locales diverſæ inde eliciantur, fiat

$$a : y = y . x$$

erit

I. $ax = y^2$ & hinc $y^2 : a = x$

Porro: $y : x = yy - ab : ac$

hoc eſt, $ax - ab : ac$

ſeu (§. 124.) $x - b : c$

II. $x^2 - bx = cy$

$ax = y^2$ $\quad$ $ax = y^2$

$x^2 - bx = cy$ $\quad$ $cy = x^2 - bx$

III. $ax - x^2 + bx = y^2 - cy$ $\quad$ IV. $ax - cy = y^2 - x^2 + bx$

$x^2 - bx = cy$ $\quad$ $\frac{y^3 - aby = aac}{a}$

$x^2 - \frac{by^2}{a} = cy$ $\quad$ $\frac{y^3}{a} - by = ac$

b

V. $\frac{ax^2}{b} - y^2 = \frac{acy}{b}$ $\quad$ VI. $xy - by = ac$ (I)

Habemus adeo æquationes locales

I. $y^2 - ax = 0$

II. $x^2 - bx - cy = 0$

III. $y^2 + x^2 - cy \begin{matrix} -bx \\ -ax \end{matrix} = 0$

IV. $y^2 - x^2 + cy \begin{matrix} +bx \\ -ax \end{matrix} = 0$

V. $y^2 - \frac{ax^2}{b} + \frac{ac}{b} y = 0$.

VI. $xy - by - ac = 0$.

Locus primus & ſecundus ſunt ad parabolam; tertius ad circulum; quartus ad hyperbolam æquilateram; quintus ad hyperbolam ſcalenam; ſextus ad hyperbolam intra aſymptotos.

Cum æquationes locales nonniſi ſignis differant ab iis, in quas æquationem problematis præcedentis reſolvimus; æquatio præſentis eodem fere modo conſtruitur, quo præcedentem conſtruximus: id quod in unico caſu, quo circulus cum parabola combinatur, oſtendiſſe ſuffecerit.

Locus

Digitized by Google

Tab. IX. Fig. 91. Locus ad parabolam $y^2 - ax = 0$ conſtruitur ut in problemate præcedente, ſi parametro a parabola deſcribatur: erit origo indeterminatæ x in vertice, nempe $AP = x$, $PM = y$.

Pro loco ad circum $y^2 + x^2 - cy - bx - ax = 0$, erit vi theorematis generalis (§. 589) $2r = 0$ & hinc $q = ſ$

$$2n = c \quad 2p = b + a$$
$$n = \tfrac{1}{2}c \quad p = \frac{b+a}{2}$$
$$n^2 + p^2 = m^2$$
$$\tfrac{1}{4}cc + \tfrac{1}{4}bb + \tfrac{1}{2}ab + \tfrac{1}{4}aa = m^2$$
$$\sqrt{(\tfrac{1}{4}cc + \tfrac{1}{4}bb + \tfrac{1}{2}ab + \tfrac{1}{4}aa)} = m$$

Quia ergo in circulo origo indeterminatæ x diſtat a centro quantitate $\frac{1}{2}b + \frac{1}{2}a$ & alterius y quantitate $\frac{1}{2}c$, fiat $AD = \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}b$ & perpendicularis $DH = \frac{1}{2}c$ atque radio AH deſcribatur per verticem parabolæ A circulus, erit PM radix vera æquationis. QN & qn erunt falſæ.

Nam $AH^2 = MH^2 = HD^2 + DA^2 = \frac{1}{4}aa + \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb + \frac{1}{4}cc$ (§. 417. *Geom.*), $AP = yy : a$ (§. 391.), $PD = HR = \frac{yy}{a} - \frac{1}{2}a - \frac{1}{2}b$, $MR = y - \frac{1}{2}c$, conſequenter ob $HM^2 = HR^2 + MR^2$ (§. 417. *Geom.*) $\frac{1}{4}aa + \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb + \frac{1}{4}cc = \frac{y^4}{aa} - \frac{y^2}{a} + \frac{1}{4}aa - \frac{byy}{a} + \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb + y^2 - cy + \frac{1}{4}cc$, hoc eſt,

$$\frac{y^4}{aa} - \frac{byy}{a} - cy = 0$$
$$\overline{}\,aa$$
$$y^4 - abyy - aacy = 0$$
$$\overline{}\,yy$$
$$y^3 - aby - aac = 0.$$

PROBLEMA 247.

610. *Conſtruere æquationem cubicam* $y^3 - aby = -aac$.

Æquatio propoſita $y^3 - aby = -aac$, hoc eſt, $aac = aby - y^3$ in hanc reſolvitur analogiam:

$$a : y = ab - yy : ac$$

ut nova indeterminata introducatur, fiat

$$a : y = y : x$$

erit I. $ax = y^2$. Hinc $x = y^2 : a$

Porro $y : x = ab - yy : ac$
hoc eſt, $ab - ax : ac$
ſeu (§. 124) $b - x : c$

$$\text{II. } bx - xx = cy$$
$$ax = y^2 \qquad ax = y^2$$
$$bx - x^2 = cy \qquad cy = bx - x^2$$

III. $ax - bx + x^2 = y^2 - cy$ IV. $ax - cy = y^2 - bx + x^2$

 bx

$$bx - x^2 = cy \qquad aac = aby - y^3$$

$$\frac{by^2}{a} - x^2 = cy \qquad ac = by - \frac{y^3}{a}$$

$$\text{V. } y^2 - \frac{ax^2}{b} = \frac{acy}{b} \qquad \text{VI. } ac = by - xy$$

Habemus adeo æquationes locales:

I. $y^2 - ax = 0$
II. $x^2 - bx + cy = 0$
III. $y^2 - x^2 - cy + bx - ax = 0$
IV. $y^2 + x^2 + cy - bx - ax = 0$
V. $y^2 - \frac{ax^2}{b} - \frac{acy}{b} = 0$
VI. $xy - by + ac = 0$

Locus primus & ſecundus ſunt ad parabolam, tertius ad hyperbolam æquilateram, quartus ad circulum, quintus ad hyperbolam ſcalenam, ſextus ad hyperbolam intra aſymptotos.

Æquationes locales denuo nonniſi ſignis differunt ab iis, quas in problemate 245. (§. 607) reperimus. Quare denuo nobis ſuffecerit, conſtructionem ope parabolæ & circuli oſtendiſſe.

Quoniam locus ad parabolam $y^2 = ax$; parabola denuo conſtruitur parametro a & origo indeterminatæ x eſt in vertice axis A. Tab. IX. Fig. 94.

Pro circulo, cujus æquatio $y^2 + x^2 + cy - bx - ax = 0$, vi theorematis generalis (§. 589)

$$\frac{2r}{q} = 0 \qquad -2n = c \qquad -2p = -b - a$$

hinc

$$q = ſ \qquad n = -\tfrac{1}{2}c \qquad p = \frac{b + a}{2}$$

$$n^2 + p^2 = m^2$$

$$\tfrac{1}{4}cc + \tfrac{1}{4}aa + \tfrac{1}{2}ab + \tfrac{1}{4}bb = m^2$$

$$\sqrt{(\tfrac{1}{4}cc + \tfrac{1}{4}aa + \tfrac{1}{2}ab + \tfrac{1}{4}bb)} = m$$

Deſcribatur ergo radio $AC = m$ ſemicirculus, ductaque FLS in intervallo $CL = \frac{1}{2}c$ diametro AB parallela; erit $SQ = x$, $QM = y$. Tab. IX. Fig. 95.

Quamobrem ſi circulus cum parabola combinatur, punctum S ſuper A & SL ſuper AD cadet. Quare ſi fiat $AD = \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}b$ & erigatur perpendicularis $DH = \frac{1}{2}c$; erit $AH = \sqrt{(\frac{1}{4}aa + \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb + \frac{1}{4}cc)}$ radius circuli per verticem deſcribendi & PM radix vera æquationis. Tab. IX. Fig. 94.

Nam $AP = yy : a$ (§. 391), hinc $DP = HR = yy : a - \frac{1}{2}a - \frac{1}{2}b$. Porro $MR = y + \frac{1}{2}c$. Quare ob $HM^2 =$

MR^2

$MR^2 + HR^2$ (§.417 *Geom.*), $\frac{1}{4}aa + \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb + \frac{1}{4}cc = \frac{y^4}{aa} - y^2 + \frac{1}{4}aa - \frac{byy}{a} + \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb + y^2 + cy + \frac{1}{4}cc$, hoc eſt,

$$\frac{y^4}{aa} - \frac{byy}{a} + cy = 0$$

$$y^4 - abyy + aacy = 0 \quad [\times aa]$$

$$y^3 - aby + aac = 0. \quad [: y]$$

COROLLARIUM.

612. Si circulus parabolam tangit; duæ interſectiones coincidunt, adeoque æquatio duas habet radices æquales. Si eam nec tangit, nec ſecat; radices omnes ſunt impoſſibiles.

SCHOLION.

613. *Conſtructiones per circulum & parabolam, quas dedimus, coincidunt cum iis, quas habet* Carteſius (o), *etſi alio modo erutæ.*

PROBLEMA 248.

614. *Conſtruere æquationem cubicam* $y^3 + ay^2 - aby = aac$.

Ut nova indeterminata in æquationem introducatur, fiat

$$a : y = y : x$$

erit I. $ax = y^2$. Hinc $x = y^2 : a$

Subſtituatur ax pro y^2 in æquatione data

erit $axy + aax - aby = aac \quad [: a]$

$$\text{II. } xy + ax - by = ac \quad [\times y - a]$$

$$xy^2 + axy - by^2 - a^2x + aby = acy - a^2c$$
$$- axy$$

$$xy^2 - by^2 - a^2x = acy - aby - a^2c$$
$$ax^2 - abx - a^2x = acy - aby - a^2c$$

$$\text{III. } x^2 - bx - ax = cy - by - ac$$
$$ax = y^2$$

$$\text{IV. } 2ax - x^2 + bx = y^2 - cy + by + ac$$
$$x^2 - bx - ax = cy - by - ac$$
$$ax = y^2$$

$$\text{V. } x^2 - bx = y^2 + cy - by - ac$$
$$x^2 - \frac{by^2}{a} = ax + cy - by - ac$$

$$\text{VI. } \frac{ax^2}{b} - y^2 = \frac{a^2x}{b} + \frac{acy}{b} - ay - \frac{a^2c}{b}$$

Habemus adeo æquationes locales:

I. $y^2 - ax = 0$

II. $xy + ax - by - ac = 0$

III. $x^2 - bx - cy + ac = 0$
$\quad - ax + by$

IV. $y^2 + x^2 - cy - 2ax + ac = 0$
$\quad + by - bx$

(o) Geometr. lib. 3. p. 85. & ſeqq.

$$\text{V. } y^2 - x^2 + cy + bx - ac = 0$$
$$\qquad - by$$
$$\text{VI. } y^2 - \frac{ax^2}{b} + \frac{acy}{b} - \frac{a^2c}{b} = 0$$
$$\qquad - ay$$

Locus primus & tertius ſunt ad parabolam; ſecundus ad hyperbolam intra aſymptotos; quartus ad circulum; quintus ad hyperbolam æquilateram; ſextus ad hyperbolam ſcalenam.

Conſtruamus æquationem combinando circulum cum parabola. Tab. X. Fig. 96. Locus ad parabolam $y^2 - ax = 0$ conſtruitur, ſi parametro a parabola deſcribitur; cujus vertex A origo ipſius x.

Pro circulo $y^2 + x^2 - cy + by - 2ax - bx + ac = 0$ erit vi theorematis generalis (§. 589).

$$\frac{2r}{q} = 0 \qquad -2n = -c + b \qquad -2p = -2a - b$$

hinc

$$q = f \qquad n = \tfrac{1}{2}c - \tfrac{1}{2}b \qquad p = a + \tfrac{1}{2}b$$

$$n^2 + p^2 - m^2 = ac$$

$$n^2 + p^2 - ac = m^2$$

$$\tfrac{1}{4}c^2 - \tfrac{1}{2}bc + \tfrac{1}{4}bb + a^2 + ab + \tfrac{1}{4}bb - ac = m^2$$

$$\surd(\tfrac{1}{4}b^2 + (a + \tfrac{1}{2}b - \tfrac{1}{2}c)^2) = m$$

Jungatur ipſi IL $= a$ ad angulos rectos LR ipſi æqualis & reſecetur LH $=$ PN $= \tfrac{1}{2}c - \tfrac{1}{2}b$; erit HR $= a + \tfrac{1}{2}b - \tfrac{1}{2}c$. Fiat DL $=$ HC $= \tfrac{1}{2}b$; erit CR $= m$, adeoque radius circuli, quo deſcripto habebitur IP $= x$ & PM $= y$. Tab. X. Fig. 97.

Eſt enim NM $=$ PM $-$ PN $= y + \tfrac{1}{2}b - \tfrac{1}{2}c$, adeoque NM$^2 = y^2 + by + \tfrac{1}{4}b^2 - cy - \tfrac{1}{2}bc + \tfrac{1}{4}c^2$. Porro DP $=$ IP $-$ ID $= x - a - \tfrac{1}{2}b$, adeoque DP$^2 = x^2 - 2ax - bx + a^2 + ab + \tfrac{1}{4}b^2$. Quare cum ſit CR$^2 =$ CM$^2 =$ NM$^2 +$ CN^2 (§. 417 *Geom.*), & CM$^2 = \tfrac{1}{4}c^2 - \tfrac{1}{2}bc + \tfrac{1}{4}b^2 + a^2 + ab + \tfrac{1}{4}b^2 - ac$, erit $y^2 + x^2 - cy + by - 2ax - bx + ac = 0$, quæ eſt æquatio ad conſtruendum propoſita. Circulus itaque rite conſtructus.

Si jam circulus cum parabola combinatur, punctum I in verticem parabolæ A & IP ſuper AP cadit. Quare fiat AL $= a$; erit LR^2 $= aa$ (§. 388.), hoc eſt, LR $= a$. Fiat porro LH $= \tfrac{1}{2}c - \tfrac{1}{2}b$; erit HR $= a + \tfrac{1}{2}b - \tfrac{1}{2}c$. Fiat denique DL $=$ HC $= \tfrac{1}{2}b$; erit CR radius circuli per punctum parabolæ R ex centro C deſcribendi & ſemiordinata PM radix æquationis. Tab. X. Fig. 96.

Nam PN $=$ LH $= \tfrac{1}{2}c - \tfrac{1}{2}b$: hinc NM $= y + \tfrac{1}{2}b - \tfrac{1}{2}c$. Ex natura parabolæ $y^2 : a =$ AP: unde DP $=$ CN $= \frac{y^2}{a} - a - \tfrac{1}{2}b$. Quare cum ſit (§. 417

Geom.)

Geom.) $CM^2 (= CR^2) = CN^2 + CM^2$; $\frac{1}{4}b^2 + a^2 + ab + \frac{1}{4}bb - ac - \frac{1}{2}bc + \frac{1}{4}cc = \frac{y^4}{aa} - 2y^2 + aa - \frac{by^2}{a} + ab + \frac{1}{4}bb + y^2 + by + \frac{1}{4}bb - cy - \frac{1}{2}bc + \frac{1}{4}cc$, hoc eſt,

$$\frac{y^4}{aa} - y^2 - \frac{by^2}{a} + by - cy + ac = 0$$

$$\overline{} \cdot aa$$

$$y^4 - a^2y^2 - aby^2 + a^2by - a^2cy + a^3c = 0$$

$$\overline{} : y - a$$

$$y^3 + ay^2 - aby - a^2c = 0.$$

SCHOLION.

615. *Satis liquet, quomodo æquationum cubicarum caſus reliqui conſtrui debeant, ut adeo plura addere ſupervacaneum judicemus.*

PROBLEMA 249.

616. *Æquationem biquadraticam* $y^4 + aby^2 + a^2cy = a^3d$ *conſtruere.*

Ut nova indeterminata in æquationem introducatur, fiat

$$a : y = y : x$$

erit I. $ax = y^2$. Hinc $x = y^2 : a$

Hoc valore in æquatione data ſubſtituto prodibit

$$a^2x^2 + aby^2 + a^2cy = a^3d$$

$$\overline{} - ab$$

$$\text{II. } y^2 + \frac{ax^2}{b} + \frac{acy}{b} = \frac{a^2d}{b}$$

Item $a^2x^2 + a^2bx + a^2cy = a^3d$

$$\overline{} : a^2$$

$$x^2 + bx + cy = ad$$

$$\text{III. } x^2 + bx = ad - cy$$

$$ax = y^2$$

$$\text{IV. } x^2 + bx + ax = y^2 + ad - cy$$

$$ax = y^2$$

$$x^2 + bx = ad - cy$$

$$\text{V. } ax - x^2 - bx = y^2 - ad + cy$$

Habemus adeo æquationes locales;

I. $y^2 - ax = 0$

II. $y^2 + \frac{ax^2}{b} + \frac{acy}{b} - \frac{a^2d}{b} = 0$

III. $x^2 + bx + cy - ad = 0$

IV. $y^2 - x^2 - cy - bx + ad = 0$
$\quad - ax$

V. $y^2 + x^2 + cy + bx - ad = 0$
$\quad - ax$

Locus primus & tertius eſt parabola, ſecundus ellipſis, quartus hyperbola æquilatera, quintus denique circulus.

Conſtruamus primum æquationem, circulo cum parabola $ax = y^2$ combinato. Conſtruatur parabola MDN parametro a, erit $DQ = x$, $QM = y$.

Pro circulo $y^2 + x^2 + cy + bx - ax - ad = 0$ erit vi theorematis generalis (§. 589).

$\frac{r}{q}=0 \quad \frac{s}{q^2}=1 \quad -2n=c \quad -2p=b-a$

$s=q \quad n=-\frac{1}{2}c \quad p=\frac{1}{2}a-\frac{1}{2}b$

$n^2+p^2-m^2=-ad$

$n^2+p^2+ad=m^2$

$\frac{1}{4}cc+\frac{1}{4}aa-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb+ad)=m^2$

$\sqrt{(\frac{1}{4}cc+\frac{1}{4}aa-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb+ad}=m$

Tab. X. Fig. 98. Erecta in D perpendiculari DK $=QP=\frac{1}{2}c$ ob valorem ipſius c negativum, ducatur per K recta indefinita AB fiatque $KC=\frac{1}{2}a-b$ erit (§. 417. *Geom.*) $DC=\sqrt{(\frac{1}{4}cc+\frac{1}{4}aa-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb)}$. Fiat porro $DI=a$ & continuata DC in H, donec $HD=d$, quæratur media proportionalis DL (§. 327. *Geom.*), quæ erit $\sqrt{ad}$: conſequenter $LC=\sqrt{(\frac{1}{4}cc+\frac{1}{4}aa-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb+ad)}$ (§. 417. *Geom.*) eſt radius circuli ex centro C per L deſcribendi, qui cum parabolam ſecet in M & N; erit QM radix æquationis vera, RN falſa.

Eſt enim $PM=y+\frac{1}{2}c$; $DQ=KP=y^2:a$ (§. 388), $CP=KP-KC=\frac{y^2}{a}-\frac{1}{2}a+\frac{1}{2}b$. Quare (§. 417. *Geom.*) ob MC^2 ſeu $CL^2=PM^2+PC^2$, $\frac{1}{4}cc+\frac{1}{4}aa-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb+ad=y^2+cy+\frac{1}{4}cc+\frac{y^4}{aa}-y^2+\frac{1}{4}aa+\frac{by^2}{a}-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb$, hoc eſt,

$$\frac{y^4}{aa}+\frac{by^2}{a}+cy=ad \quad aa$$

$$y^4+aby^2+aacy=a^3d$$

Combinemus eundem circulum cum ellipſi, quam definit æquatio ſuperius reperta $y^2+\frac{ax^2}{b}+\frac{ac}{b}y-\frac{a^2d}{b}=0$. Erit vi theorematis generalis (§. 588)

$\frac{r}{q}=0 \quad \frac{t}{2m}=\frac{a}{b} \quad -2n=\frac{ac}{b} \quad p=0$

hinc $q=s \quad n=-\frac{ac}{2b}$

$$n^2-\frac{tm^2}{2m}=-\frac{a^2d}{b}$$

$$\frac{a^2c^2}{4b^2}-\frac{am}{b}=-\frac{a^2d}{b} \quad \frac{a}{b}$$

$$\frac{ac^2}{4b}+ad=m$$

$$\sqrt{(\frac{ac^2}{4b}+ad)}=m$$

Con-

Tab. X. Fig. 99. Conſtruatur locus ad circulum, ut ante, nempe ut ſit $DK = \frac{1}{2}c$, $KC = \frac{1}{2}a - \frac{1}{2}b$, $DI = a$, $DH = d$ adeoque $DL = \sqrt{ad}$ (§. 327. *Geom.*), conſequenter $LC = \sqrt{(\frac{1}{4}cc + \frac{1}{4}aa - \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb + ad)}$ (§. 417 *Geom.*).

Jam cum origo indeterminatæ x ſit in D, & valor ipſius n in ellipſi etiam negativus & $p = 0$; ex DK reſecetur $DG = ac : 2b$ & per G ducatur AB ipſis DQ & KP parallela fiatque $AG = BG = \sqrt{(ad + ac^2 : 4b)}$. Tandem circa AB tanquam axem deſcribatur ellipſis AMB, in qua axis AB ad parametrum $= b : a$. Dico QM eſſe radicem æquationis veram. Eſt enim $GR = DQ = x$, $MR = MQ + QR = MQ + DG = y + ac : 2b$; ratio diametri ad parametrum $= b : a$; $AG = \sqrt{(ad + ac^2 : 4b)}$. Quare ex natura ellipſis (§. 431)

$$a:b = RM^2 : AG^2 - GR^2 = (BR.RA)$$

$$y^2 + \frac{acy}{b} + \frac{a^2c^2}{4b^2} : ad + \frac{ac^2}{4b} - x^2$$

$$\frac{by^2}{a} + cy + \frac{ac^2}{4b} = ad + \frac{ac^2}{4b} - x^2$$

$$x^2 = ad - \frac{by^2}{a} - cy$$

Porro $PM = MQ + QP = MQ + DK = y + \frac{1}{2}c$; $CP = KP - KC = DQ - CK = x - \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}b$.

Quamobrem ob $MC^2 = LC^2 = PM^2 + PC^2$ (§. 417 *Geom.*) $\frac{1}{4}cc + \frac{1}{4}aa - \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb + ad = y^2 + cy + \frac{1}{4}cc + x^2 - ax + \frac{1}{4}aa + bx - \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb$, hoc eſt,

$$y^2 + x^2 + cy - ax + bx = ad$$

$$x^2 = ad + ax - bx - y^2 - cy$$

Habemus ergo

$$ad - \frac{by^2}{a} - cy = ad + ax - bx - y^2 - cy$$

$$bx - ax = \frac{by^2}{a} - y^2$$

$$\overline{}\; b - a$$

$$x = y : a$$

$$x^2 = y^4 : aa$$

hoc eſt, $\frac{y^4}{a^2} = ad - \frac{by^2}{a} - cy$, vi ſuperiorum.

$$\overline{}\; a^2$$

$$y^4 = a^3d - aby^2 - a^2cy$$

$$y^4 + aby^2 + a^2cy = a^3d$$

PROBLEMA 250.

617. *Conſtruere æquationem biquadraticam*

$$y^4 + aby^2 - a^2cy = -a^3d$$

Ut

circa axem AP parametro a deſcribatur parabola: dico PM eſſe radicem æquationis veram.

Eſt enim MR=PM − PR = PM − CK = $y-\frac{1}{2}c$; AP = $y^2:a$ & CR = KP = AP − AK = $\frac{y^2}{a}-\frac{1}{2}a+\frac{1}{2}b$, conſequenter ob $CM^2 = CG^2 = CR^2 + MR^2$ (§. 417. *Geom.*) $\frac{1}{4}cc+\frac{1}{4}aa-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb-ad=\frac{y^4}{aa}-y^2+\frac{1}{4}aa+\frac{by^2}{a}-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb+y^2-cy+\frac{1}{4}cc$, hoc eſt,

$$\frac{y^4}{aa}+\frac{by^2}{a}-cy=-ad$$

$$y^4+aby^2-aacy=-a^3d$$

Cum loco ad circulum deſcripto eodem modo, quo in problemate præcedente, combinatur locus ad ellipſin. Lubet vero adhuc conſtructionem dare per circulum & hyperbolam æquilateram $y^2-x^2+cy-bx-ax-ad=0$.

Eſt autem vi theorematis generalis (§. 590)

$\frac{r}{q}=0$ $\quad -\frac{t}{2m}=-1$ $\quad -2n=c$ $\quad 2p=-a-b$

$t=2m$ $\quad n=-\frac{1}{2}c$ $\quad p=-\frac{1}{2}a-\frac{1}{2}b$

$$n^2+m^2-p^2=-ad$$

$$m^2=p^2-n^2-ad$$

$$m^2=\frac{1}{4}aa+\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb-\frac{1}{4}cc-ad$$

$$m=\sqrt{(\frac{1}{4}aa+\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb-\frac{1}{4}cc-ad)}$$

Conſtructo nempe circulo ut Tab.
ante, ita ut ſit AK = $\frac{1}{2}a-\frac{1}{2}b$, CK = $\frac{1}{2}c$, X.
adeoque CA = $\sqrt{(\frac{1}{4}aa-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb+\frac{1}{4}cc)}$, Fig.
AH = a, AI = d, adeoque AL = 101.
AG = $\sqrt{ad}$, conſequenter GC = MC = $\sqrt{(\frac{1}{4}aa-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb+\frac{1}{4}cc-ad)}$; quia origo indeterminatæ y in hyperbola ob valorem ipſius n negativum ab axe verſus ſiniſtram diſtat intervallo $\frac{1}{2}c$, fiat KT = $\frac{1}{2}c$, ducaturque per T recta OS ipſi AP parallela & ad hanc AF perpendicularis.

Quoniam porro ob valorem ipſius p negativum indeterminatæ x origo a centro diſtat intervallo $\frac{1}{2}a+\frac{1}{2}b$; fiat FO = $\frac{1}{2}a+\frac{1}{2}b$ & OQ = $\sqrt{(\frac{1}{4}aa+\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb-\frac{1}{4}cc-ad)}$; erit O centrum & Q vertex hyperbolæ æquilateræ; quæ ſi circa axem QS deſcribatur, circulum in M ſecabit. Dico PM eſſe radicem æquationis veram.

Eſt enim CK = RP = AP − AK = $x-\frac{1}{2}a+\frac{1}{2}b$ & MR = MP − RP = MP − CK = $y-\frac{1}{2}c$, conſequenter ob $MC^2 = CR^2 + RM^2$ (§. 417 *Geom.*) $\frac{1}{4}aa-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb+\frac{1}{4}cc-ad=x^2-ax+\frac{1}{4}aa+bx-\frac{1}{2}ab+\frac{1}{4}bb+y^2-cy+\frac{1}{4}cc$, hoc eſt,

$$x^2 - ax + bx + y^2 - cy = -ad$$

$$x^2 = ax - bx + cy - y^2 - ad$$

Porro MS = MP + PS = MP + KT = $y + \frac{1}{2}c$, SO = FS + FO = AP FO = $x + \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}b$, conſequenter ob SO² − QO² = MS² (§. 509) $x^2 + ax + \frac{1}{4}aa + bx + \frac{1}{2}ab + \frac{1}{4}bb - \frac{1}{4}aa - \frac{1}{2}ab - \frac{1}{4}bb + \frac{1}{4}cc + ad = y^2 + cy + \frac{1}{4}cc$, hoc eſt,

$$x^2 + ax + bx + ad = y^2 + cy$$

ſeu ſubſtituto valore ipſius x^2

$$ax - bx + cy - y^2 - ad + ax + bx + ad\ (= y^2 + cy$$

$$2ax = 2y^2 \text{ ſeu } ax = y^2$$

$$x = y^2 : a$$

$$x^2 = y^2 : aa$$

His valoribus ipſorum x^2 & x in æquatione

$x^2 + ax + bx + ad = y^2 + cy$ ſubſtitutis, prodit

$$y^2 + cy = \frac{y^4}{aa} + y^2 + \frac{by^2}{a} + ad$$

$$cy = \frac{y^4}{aa} + \frac{by^2}{a} + ad$$

$$aacy = y^4 + aby^2 + a^3d$$

ſeu $y^4 + aby^2 - a^2cy = -a^3d$.

PROBLEMA 251.

618. *Conſtruere æquationem biquadraticam* $y^4 + 2by^3 + a^2cy = a^3d$.

Quoniam $y^4 + 2by^3 = a^3d - a^2cy$; æquatio data in hanc reſolvitur analogiam:

$$a^2 : y^2 = y^2 + 2by : ad - cy$$

Ut nova indeterminata introducatur, fiat

$$a : y = b + y : x$$

erit I. $ax = by + y^2$

$ax - by = y^2$, conſequenter

$a^2 : ax - by = ax + by : ad - cy$

II. $a^3d - a^2cy = a^2x^2 - b^2y^2$

Subſtituatur in hac æquatione ulterius valor ipſius y^2; prodibit

$$a^3d - a^2cy = a^2x^2 - ab^2x + b^3y$$

h. e. $a^3d - a^2cy - b^3y = a^2x^2 - ab^2x$

III. $ad - cy - \frac{b^3y}{a^2} = x^2 - \frac{b^2x}{a}$

$$yy + by = ax$$

IV. $ad - cy - \frac{b^3y}{a^2} + y^2 + by = x^2 - \frac{b^2x}{a} + ax$

$$ad - cy - \frac{b^3y}{a^2} = x^2 - \frac{bx^2}{a}$$

$y^2 +$

$$y^2 + by = ax$$

V. $y^2 + by - ad + cy + \frac{b^3 y}{a} = ax - x^2 + \frac{b^2 x}{a}$

Habemus adeo æquationes locales:

I. $y^2 + by - ax = 0$

II. $y^2 - \frac{a^2 x^2}{b^2} - \frac{a^2 cy}{b^2} + \frac{a^3 d}{b^2} = 0$

III. $x^2 - \frac{b^2 x}{a} + cy - ad = 0$
$+\frac{b^3 y}{aa}$

IV. $y^2 - x^2 - \frac{b^3 y}{a^2} + \frac{b^2 x}{a} + ad = 0$
$+by - ax$
$-cy$

V. $y^2 + x^2 + \frac{b^3 y}{a^2} - \frac{b^2 x}{a} - ad = 0$
$+by - ax$
$+cy$

Conſtruamus æquationem per circulum & parabolam. Pro circulo cum ſit $y^2 + x^2 + \frac{b^3 y}{a^2} + by + cy - \frac{b^2 x}{a} - ax - ad = 0$; erit vi theorematis generalis (§. 589)

$r = 0 \quad \frac{s^2}{q^2} = 1 \quad -2n = \frac{b^3}{a^2} + b + c$

$s = q \quad n = -\frac{b^3}{2a^2} - \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}c$

$$-2p = -\frac{b^2}{a} - a$$

$$p = \frac{b^2}{2a} + \frac{1}{2}a$$

$$n^2 + p^2 - m^2 = -ad$$

$$n^2 + p^2 + ad = m^2$$

$$\sqrt{(n^2 + p^2 + ad)} = m$$

Circulus ergo eodem prorſus modo conſtruitur, quo in problemate 249. (§. 616). Fit nempe $DC = p = b^2 : 2a + \frac{1}{2}a$, $DO = n = b^3 : 2a^2 + \frac{1}{2}b + \frac{1}{2}c$, $HO = a$, $OI = d$; erit $OC = \sqrt{(n^2 + p^2)}$, $OL = \sqrt{ad}$ & hinc $LC = \sqrt{(n^2 + p^2 + ad)}$. Ducatur OQ ipſi DC parallela, erit ob valorem OD negativum origo indeterminatæ x in O. Tab. X. Fig. 108.

Porro pro parabola, ad quam $y^2 + by - ax = 0$, erit vi theorematis generalis (§. 587).

$\frac{r}{q} = 0 \quad -2n = b \quad \frac{-ts}{q} = -a$

$n = -\frac{1}{2}b$

 hinc

hinc $t = a$
$r = 0$
$q = f$

$$n^2 + tp = 0$$
$$\tfrac{1}{4}bb + ap = 0$$
$$ap = -\tfrac{1}{4}bb$$
$$p = -\frac{bb}{4a}$$

Ob valorem itaque ipſius n negativum fiat OK $= \frac{1}{2}b$ ducaturque per K recta AR ipſi OQ parallela, ob valorem ipſius p negativum fiat KA$=bb:4a$; erit in A parabolæ vertex parametro a circa axem AR deſcribendæ, quæ circulum ſecabit in M. Dico QM eſſe radicem æquationis veram.

Sit enim QM$=y$: erit MR $= y + \frac{1}{2}b$, adeoque RA$=\frac{yy+by+\frac{1}{4}bb}{a}$ (§. 391), conſequenter KR $=$ AR $-$ AK $= \frac{yy+by}{a}$. Hinc PC $=$ OQ ſive KR $-$ CD $= \frac{yy+by}{a} - p$ & PM $=$ QM $+$ QP $=$ QM $+$ DO $= y + n$. Quare cum ſit LC$^2 =$ MC$^2 =$ PM$^2 +$ PC^2 (§. 417. *Geom.*); habebitur tandem $n^2 + p^2 + ad = \frac{y^4}{aa} + \frac{2by^3}{aa} + \frac{b^2y^2}{aa} - \frac{2py^2}{a} - \frac{2pby}{a} + p^2 + y^2 + 2ny + n^2$, hoc eſt, $\frac{y^4}{aa} + \frac{2by^3}{aa} + \frac{b^2y^2}{aa} - \frac{2py^2}{a} - \frac{2pby}{a} + y^2 + 2ny = ad$. Subſtituantur valores p & n ex æquatione ad circulum. Quoniam $p = \frac{1}{2}a + b^2 : 2a$ & $n = \frac{1}{2}b + \frac{1}{2}c + b^3 : 2a^2$; prodibit $\frac{y^4}{aa} + \frac{2by^3}{aa} + \frac{b^2y^2}{aa} - y^2 - \frac{b^2y^2}{aa} - by - \frac{b^3y}{aa} + y^2 + by + cy + \frac{b^3y}{aa} = ad$, hoc eſt,

$$\frac{y^4}{aa} + \frac{2by^3}{aa} + cy = ad$$
$$\overline{\qquad\qquad\qquad} aa$$
$$y^4 + 2by^3 + a^2cy = a^3d$$

SCHOLION.

619. *Æquationes locales, in quas æquationes conſtruendas reſolvimus, ſunt ad curvam aliquam determinatam; ſed plurimum amplificatur methodus, ſi exemplo* Sluſii *ad curvam indeterminatam revocentur: tum enim non amplius ellipſis vel hyperbola unica, ſed infinita conſtructioni inſerviunt. Poteſt etiam æquatio localis ad curvam datam revocari, ſicque problema per ſectionem conicam datam conſtrui. Agedum itaque! videamus, quomodo utrumque præſtetur.*

PRO-

PROBLEMA 252.

620. *Æquationem datam reſolvere in æquationes locales, quæ ſint ad curvas indeterminatas.*

a) Subſtituatur pro *y* radice æquationis $az : v$, ubi pro v recta quælibet aſſumi poteſt, & nova, quæ prodit, æquatio in locales ut ſupra reſolvatur: id quod exemplo unico oſtendiſſe ſufficit.

Sit $y^3 + aby = aac$. Quoniam $y = az : v$; erit $y^3 = a^3z^3 : v^3$ conſequenter

$$\frac{a^3z^3}{v^3} + \frac{a^2bz}{v} = aac$$

$$z^3 + \frac{v^2bz}{a} = \frac{v^3c}{a}$$

Hæc æquatio in ſequentem reſolvitur analogiam:

$$v : z = z^2 + \frac{v^2b}{a} : \frac{v^2c}{a}$$

Ut nova indeterminata in æquationem introducatur, fiat;

$$v : z = z : x$$

erit I. $z^2 = vx$. Hinc $z^2 : v = x$

Porro $z : x = z^2 + \frac{v^2b}{a} : \frac{v^2c}{a}$

hoc eſt, $vx + \frac{v^2b}{a} : \frac{v^2c}{a}$

ſeu (§.124) $x + \frac{vb}{a} : \frac{vc}{a}$

II. $x^2 + \frac{vbx}{a} = \frac{vcz}{a}$

$$vx = z^2$$

III. $x^2 + \frac{vbx}{a} + vx = \frac{vcz}{a} + z^2$

$$vx = z^2$$

$$x^2 + \frac{vbx}{a} = \frac{vcz}{a}$$

IV. $vx - x^2 - \frac{vbx}{a} = z^2 - \frac{vcz}{a}$

$$x^2 + \frac{vbx}{a} = \frac{vcz}{a}$$

hoc eſt, ob $x = z^2 : v$

V. $x^2 + \frac{bz^2}{a} = \frac{vcz}{a}$

$$z^3 + \frac{v^2bz}{a} = \frac{v^3c}{a} \quad v$$

$$\frac{z^3}{v} + \frac{vbz}{a} = \frac{v^2c}{a}$$

VI. $zx + \frac{vbz}{a} = \frac{v^2c}{a}$

Habemus adeo æquationes locales ad infinitas ſectiones Conicas nempe

I. $z^2 - vx = 0$ } ad infinitas parabolas.
II. $x^2 + \frac{vb}{a}x - \frac{vc}{a}z = 0$

III. $z^2 - x^2 + \frac{vc}{a}z - \frac{vb}{a}x - vx = 0$ ad infinitas hyperbolas æquilateras.

IV. $z^2 + x^2 - \frac{vc}{a}z + \frac{vb}{a}x - vx = 0$ ad infinitos circulos.

V. $z^2 + \frac{a}{b}x^2 - \frac{vc}{b}z = 0$ ad infinitas ellipſes.

VI. $zx + \frac{vb}{a}z - \frac{v^2c}{a} = 0$ ad infinitas hyperbolas intra aſymptotos.

β) Si fieret $\frac{aa}{v} : y = y : x$; locus primus $y^2 = \frac{a^2}{v}x$ foret ad infinitas parabolas, nec radix æquationis y (id quod maxime commodum videri poterat) mutaretur in aliam: ſed cum locus ad circulum degeneret in locum ad ellipſin, ſimplicitati conſtructionis minime conſuleretur. Loca tamen ad hyperbolam & ellipſin determinatam ita reduci poſſunt ad hyperbolas & ellipſes infinitas, ut utraque indeterminata y & x eadem maneat.

E. gr. Pro æquatione propoſita conſtruenda elicuimus ſupra (§. 607)

I. $y^2 - ax = 0$ } loca ad parabolam.
II. $x^2 + bx - cy = 0$

III. $y^2 + x^2 - cy - ax + bx = 0$ locum ad circulum.

Quoniam $y^2 = ax$

erit $\frac{ay^2}{v} = \frac{a^2x}{v}$

& ob $cy = x^2 + bx$

$$\frac{ay^2}{v} - cy = \frac{a^2x}{v} - x^2 - bx$$

$$y^2 - \frac{vc}{a}y = ax - \frac{vx^2}{a} - \frac{vbx}{a}$$

Item $\frac{ay^2}{v} = \frac{a^2x}{v}$

$cy = x^2 + bx$

$$\frac{a}{v}y^2 + cy = x^2 + \frac{a^2}{v}x + bx$$

$$y^2 + \frac{vc}{a}y = \frac{vx^2}{a} + ax + \frac{vb}{a}x$$

En locum ad infinitas ellipſes $y^2 + \frac{vx^2}{a} - \frac{vc}{a}y + ax + \frac{vb}{a}x - ax = 0$ & locum ad infini-

infinitas hyperbolas $y^2 - \frac{vx^2}{a} + \frac{vcy}{a} - ax - \frac{vbx}{a} = 0$: quorum uterque cum loco ad circulum $y^2 + x^2 - cy - ax + bx = 0$ conſtrui poteſt.

PROBLEMA 253.

621. *Æquationem localem reducere ad aliam ejusdem ſpeciei, quæ ſit ad curvam datam.*

1. Ex æquatione locali elici-endus eſt valor linearum, per quas datur, aut, quod perinde eſt, ratio earundem.
2. Hi valores cum ſint æquales lineis, per quas datur curva, ad quam æquatio reducenda; æquationes prodeunt, quarum reductione legitime facta prodibunt valores coëfficientium in æquatione data ſubſtituendi, ut in quæſitam degeneret.

E. gr. Æquatio ad parabolam $y^2 - ax = 0$ mutanda eſt in aliam, quæ ſit ad parabolam, cujus parameter r. Quoniam a parameter parabolæ, ad quam æquatio data exiſtit; erit $r = a$. conſequenter æquatio quæſita $y^2 - rx = 0$.

Similiter reducenda ſit æquatio $y^2 + x^2 + by - ay - cx = 0$ ad circulum, cujus radius r. Quoniam radius æquationis circuli, ad quam eſt æquatio data $\sqrt{[(\frac{1}{2}a - \frac{1}{2}b)^2 + \frac{1}{4}cc]}$; erit $[\frac{1}{2}a - \frac{1}{2}b]^2 + \frac{1}{4}cc = r^2$

$$[\tfrac{1}{2}a - \tfrac{1}{2}b]^2 + = r^2 - \tfrac{1}{4}cc$$
$$\tfrac{1}{2}a - \tfrac{1}{2}b = \sqrt{(r^2 - \tfrac{1}{4}cc)}$$

$$\tfrac{1}{2}a = \tfrac{1}{2}b + \sqrt{(r^2 - \tfrac{1}{4}cc)} = f$$
$$\tfrac{1}{2}b = \tfrac{1}{2}a - \sqrt{(r^2 - \tfrac{1}{4}cc)} = g$$
$$\tfrac{1}{2}c = \sqrt{(r^2 - [\tfrac{1}{2}a - \tfrac{1}{2}b]^2)} = h$$

His valoribus in æquatione propoſita ſubſtitutis; prodit æquatio ad circulum deſideratum

$$y^2 + x^2 + 2gy - 2fy - 2hx = 0.$$

PROBLEMA 254.

622. *Invenire regulam generalem conſtruendi omnes æquationes tam cubicas, quam biquadraticas.* Tab. X. fig. 103.

Sit deſcripta ptrabola & ex centro H radio AH circulus ſecans eam in N, N & M. Sit AD $= b$, DH $= d$, AQ $= c$; erit AH$^2 = dd + bb$. Sit porro PM $= x$, parameter parabolæ $= a$, erit OM $= x + c$, RM $= x + d$. Quoniam (§. 404)

$$a : \text{OM} + \text{AQ} = \text{PM} : \text{AP}$$
$$a : x + 2c = x : \frac{x^2 + 2cx}{a}$$

erit DP $=$ HR $= \frac{x^2 + 2cx}{a} - b$, adeoque HR$^2 = \frac{x^4}{a^2} + \frac{4cx^3}{a^2} + \frac{4c^2x^2}{a^2} - \frac{2bx^2}{}$

$\frac{2bx^2}{a} - \frac{4bcx}{a} + bb$ & $RM^2 = x^2 + 2dx + dd$. Habemus adeo:

$$\frac{x^4}{a^2} + \frac{4cx^3}{a^2} + \frac{4c^2x^2}{a^2} - \frac{2bx^2}{a} - \frac{4bcx}{a} + bb + x^2 + 2dx + dd = bb + dd$$

$$\frac{x^4}{a^2} + \frac{4cx^3}{a^2} + \frac{4c^2x^2}{a^2} - \frac{4bcx}{a} = 0$$
$$- \frac{2bx^2}{a} + 2dx$$
$$+ x^2$$

$$x^3 + 4cx^2 + 4c^2x - 4abc = 0$$
$$- 2abx + 2a^2d$$
$$+ a^2x$$

Apparet adeo, ſi habetur terminus ſecundus poſitivus, radices veras cadere verſus dextram. Sit adeo æquatio cum ea comparanda $x^3 + px^2 \mp qx \mp r = 0$; erit

$$4c = p \qquad 4c^2 - 2ab + a^2 = q$$
$$c = \tfrac{1}{4}p \qquad 4c^2 + a^2 - q = 2ab$$
$$\tfrac{4}{16}p^2 + a^2 - q = 2ab \quad (:2a)$$
$$\frac{p^2}{8a} + \tfrac{1}{2}a - \frac{q}{2a} = b$$

vel

$$a^2 + 4c^2 - 2ab = -q$$
$$a^2 + \tfrac{4}{16}p^2 + q = 2ab \quad (:2a)$$
$$\tfrac{1}{2}a + \frac{p^2}{8a} + \frac{q}{2a} = b$$

Porro

$$2a^2d - 4abc = r$$
$$2a^2d = r + 4abc \quad (:2a^2)$$
$$d = \frac{r}{2a^2} + \frac{2bc}{a}$$

h. e. $d = \frac{r}{2a^2} + \tfrac{1}{4}p + \frac{p^3}{16a^2} \mp \frac{pq}{4a^2}$

vel

$$2aad - 4abc = -r$$
$$2aad = 4abc - r$$
$$d = \frac{2bc}{a} - \frac{r}{2a^2}$$

h. e. $d = \tfrac{1}{4}p + \frac{p^3}{16a^2} + \frac{pq}{4a^2} - \frac{r}{2a^2}$

Sit jam $PN = x$; reliqua ſint ut ante: erit $NR = PN - RP = PN - DH = x - d$, $NO = x - c$, $PM = x - 2c$. Quoniam (§. 404) Tab. X. Fig. 103.

$$a : ON + AQ = PM : AP$$
$$a : x = x - 2c : \frac{xx - 2cx}{a}$$

erit $DP = HR = \frac{x^2 - 2cx}{a} - b$. Habemus adeo $NH^2 = HR^2 + NR^2$ (§. 417 *Geom.*)

x^4—

$$\frac{x^4}{a^2} - \frac{4cx^3}{a^2} + \frac{4c^2x^2}{a^2} - \frac{2bx^2}{a} + \frac{4bcx}{a} + b^2$$
$$+ x^2 - 2dx + dd = bb + dd$$

$$\frac{x^4}{a^2} - \frac{4cx^3}{a^2} + \frac{4c^2x^2}{a^2} + \frac{4bcx}{a} = 0$$
$$- \frac{2bx^2}{a} \quad - 2dx$$
$$+ x^2$$

$$x^3 - 4cx^2 + 4c^2x + 4abc = 0$$
$$- 2abx - 2a^2d$$
$$+ a^2x$$

Apparet adeo, ſi terminus ſecundus ſit negativus, radicem æquationis veram eſſe verſus ſiniſtram. Sit adeo æquatio cum ea comparanda $x^3 - px^2 \mp qx \mp r = 0$; erit

$$-p = -4c$$
$$\tfrac{1}{4}p = c$$
$$4c^2 - 2ab + a^2 = q$$
$$a^2 + 4c^2 - q = 2ab \qquad 2a$$
$$\tfrac{1}{2}a + \frac{2c^2}{a} - \frac{q}{2a} = b$$
h. e. $\tfrac{1}{2}a + \frac{p^2}{8a} - \frac{q}{2a} = b$

Vel

$$4c^2 - 2ab + a^2 = -q$$

$$a^2 + 4c^2 + q = 2ab \qquad 2a$$
$$\tfrac{1}{2}a + \frac{2c^2}{a} + \frac{q}{2a} = b$$
h. e. $\tfrac{1}{2}a + \frac{p^2}{8a} + \frac{q}{2a} = b$

Porro

$$4abc - 2a^2d = r$$
$$4abc - r = 2a^2d$$
$$\frac{2bc}{a} - \frac{r}{2a^2} = d$$
h. e. $\tfrac{1}{4}p + \frac{p^3}{16a^2} \mp \frac{pq}{4a^2} - \frac{r}{2a^2} = d$

Vel

$$4abc - 2a^2d = -r$$
$$4abc + r = 2a^2d$$
$$\frac{2bc}{a} + \frac{r}{2a^2} = d$$
h. e. $\tfrac{1}{4}p + \frac{p^3}{16a^2} \mp \frac{pq}{4a^2} + \frac{r}{2a^2} = d.$

Eſt ergo in omnibus æquationibus cubicis completis

$$AQ = \tfrac{1}{4}p$$
$$DA = \tfrac{1}{2}a + \frac{p^2}{8a} \pm \frac{q}{2a}$$
$$DH = \tfrac{1}{4}p + \frac{p^3}{16a^2} \mp \frac{pq}{4a^2} \mp \frac{r}{2a^2}$$

 Nimi-

Nimirum in regula q ſeu coëfficiens termini tertii ſemper afficitur ſigno contrario ejus, quod in æquatione habet. Habetur autem in regula $-r$, ſi p & r diverſis ſignis afficiuntur: alias ſemper eſt $+r$.

Quoniam coëfficientes illorum terminorum evaneſcunt, qui nihilo æquales ponuntur; evidens eſt ejusdem regulæ ad æquationes incompletas applicatio.

Denique ſi quadratum radii MH vel HN ponatur $bb \overline{+} dd \overline{+} af$; æquatio manebit biquadratica. Quare ſi biquadratica æquatio fuerit $x^4 \overline{+} px^3 \overline{+} qx^2 \overline{+} rx \overline{+} f = 0$; reliqua omnia manebunt ut ante, ſed

$$f = a^3 f$$
$$f : a^3 = f$$

Unde radius circuli invenitur ut in problemate 250. (§. 617), ſi fuerit $+f$, vel ut in problemate 251. (§. 618), ſi fuerit $-f$. His obſervatis, regula eadem conſtructioni æquationum biquadraticarum ſatisfacit.

SCHOLION.

623. Atque hæc eſt regula, quam Thomas Bakerus (p) *centralem vocat & ad omnes caſus æquationum cubicarum & biquadraticarum applicat. Sed verum ejus fundamentum latet in iis, quæ ſuperius tradidimus. Reſtat, ut uſum hujus doctrinæ aliquot exemplis illuſtremus.*

PROBLEMA 255.

624. Inter duas lineas datas invenire duas medias continue proportionales.

Si datarum major $= b$, quæſitarum minor $= a$ minor $= y$, major $= x$ erit per conditionem problematis:

$$a : y = y : x \qquad y : x = x : b$$

I. $ax = y^2$ II. $x^2 = by$

$a : y = x : b$ $ax = y^2$

III. $xy = ab$ IV. $x^2 - ax = by - y^2$

$ax = y^2$ $x^2 = by$

$x^2 = by$

V. $x^2 + ax = y^2 + by$ $\frac{ax^2}{v} = \frac{aby}{v}$

$ax = y^2$

VI. $\frac{ax^2}{v} + ax = \frac{aby}{v} + y^2$

$ax = y^2$

$\frac{ax^2}{v} = \frac{aby}{v}$

VII. $ax - \frac{ax^2}{v} = y^2 - \frac{aby}{v}$

Habemus adeo æquationes locales

I. y^2

(p) in Clave Geometrica catholica p. 6.

I. $y^2-ax=0$ } ad parabolam.
II. $x^2-by=0$ }
III. $xy-ab=0$ ad hyperbolam intra aſymptotos.
IV. $y^2+x^2-by-ax=0$ ad circulum.
V. $y^2-x^2+by-ax=0$ ad hyperbolam æquilateram.
VI. $y^2-\frac{ax^2}{v}+\frac{aby}{v}-ax=0$ ad infinitas hyperbolas ſcalenas.
VII. $y^2+\frac{ax^2}{v}-\frac{aby}{v}-ax=0$ ad infinitas ellipſes.

Quodſi in æquatione ad hyperbolam intra aſypmtotos $xy=ab$ ſubſtituatur valor ex æquatione ad parabolam $ax=y^2$; prodibit $y^3-a^2b=0$.

Conſtructio itaque multis modis fieri poteſt, nimirum per circulum & hyperbolam intra aſymptotos, per circulum & hyperbolam æquilateram, per circulum & infinitas hyperbolas, per circulum & infinitas ellipſes, vel per duas hyperbolas &c. vel denique per regulam centralem *Bakeri.*

Pro circulo, ad quem eſt $y^2+x^2-by-ax=0$, habetur vi theorematis generalis (§.589)

$$\frac{r}{q}=0 \quad 2n=b \quad 2p=a$$
$$\frac{ſ^2}{q^2}=1 \quad n=\tfrac{1}{2}b \quad p=\tfrac{1}{2}a$$
$$ſ=q \quad n^2+p^2=m^2$$
$$\sqrt{(\tfrac{1}{4}bb+\tfrac{1}{4}aa)}=m$$

Quoniam in parabola parametro a deſcripta, ad quam $ax=y^2$ origo ipſius x in vertice A exiſtit; circulus per ejus verticem deſcribendus radio $=\sqrt{(\frac{1}{4}bb+\frac{1}{4}aa)}$. Fiat itaque AD $=\frac{1}{2}a$, DH $=\frac{1}{2}b$: erit centrum circuli in H & PM=y, PA $=x$: id quod facile oſtenditur eodem, quo ſuperius, modo. Tab. IX. Fig. 95.

Pro ellipſi, ad quam eſt $y^2+\frac{ax^2}{v}-\frac{aby}{v}-ax=0$, habetur vi theorematis generalis (§.588)

$$\frac{2r}{q}=0 \quad \frac{t}{2m}=\frac{a}{v} \quad 2n=\frac{ab}{v}$$
hinc
$$ſ=q \quad n=\frac{ab}{2v}$$
$$\frac{2tp}{2m}=a \quad n^2+\frac{tp^2}{2m}=\frac{tm^2}{2m}$$
$$\frac{2ap}{v}=a \quad n^2+\frac{ap^2}{v}=\frac{am^2}{v}$$

$$2ap = av \qquad \frac{vn^2}{a} + p^2 = m^2$$

$$p = \tfrac{1}{2}v \qquad \frac{ab^2}{4v} + \tfrac{1}{4}v^2 = m^2$$

$$\tfrac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{ab^2}{v} + v^2\right)} = m$$

Tab. X. Fig. 104. Conſtructio itaque problematis per circulum & ellipſin hæc eſt: Jungantur DF $= b$ & DE $= a$ ad angulos rectos. Fiat DK $= \frac{1}{2}b$ & erecta perpendiculari KC $= \frac{1}{2}a$; erit DC $= \sqrt{(\frac{1}{4}bb + \frac{1}{4}aa)}$. Ex centro itaque C radio DC deſcribatur circulus: ita locus prior erit conſtructus atque origo indeterminatæ x in D. Quare pro ellipſi fiat DH $= ab : 2v$ & per H ducatur ipſi DE parallela IN. Fiat HL $= \frac{1}{2}v$ & LI $=$ LN $= \frac{1}{2}\sqrt{(ab^2 : v + v^2)}$; erit L centrum, IN axis ellipſis: quæ ſi deſcribatur, ſecabit circulum in M. Dico eſſe DQ $= x$, QM $= y$, conſequenter DE, QM, DQ, DF quatuor conti nue proportionales.

Eſt enim CP $= x - \frac{1}{2}a$ & PM $= y - \frac{1}{2}b$, adeoque ob CM^2 = DC^2 = CP^2 + PM^2 (§. 417 *Geom.*), $\frac{1}{4}aa + \frac{1}{4}bb = xx - ax + \frac{1}{4}aa + yy - by + \frac{1}{4}bb$, hoc eſt, $yy + xx - by - ax = 0$: qui eſt locus ad circulum. Porro OM $= y - ab : 2v$, LO $= x - \frac{1}{2}v$ adeoque ob

$$v : a = \text{IL}^2 - \text{LO}^2 : \text{OM}^2 \ (\S.\ 431)$$

$$1 : \frac{a}{v} = \frac{ab^2}{4v} - x^2 + vx : y^2 - \frac{aby}{v} + \frac{a^2b^2}{4v^2}$$

$$\frac{a^2b^2}{4v^2} - \frac{ax^2}{v} + ax = y^2 - \frac{aby}{v} + \frac{a^2b^2}{4v^2}$$

$$y^2 + \frac{ax^2}{v} - \frac{aby}{v} - ax = 0$$

ſed $\quad y^2 + x^2 - by - ax = 0$

Ergo $\quad \frac{ax^2}{v} - \frac{aby}{v} + by - x^2 = 0$

$$x^2 - by = 0$$

$$x^2 = by$$

Subſtituatur hic valor in æquatione $y^2 + x^2 - by - ax = 0$; prodibit

$$y^2 + by - by - ax = 0$$

$$y^2 = ax$$

Quare $a : y = y : x$ & (ob $x^2 = by$) $y : x = x : b$. Sunt adeo a, y, x, & b quatuor continue proportionales.

Eodem modo problema conſtruitur per circulum & infinitas hyperbolas ſcalenas.

Conſtructionem per circulum & hyperbolam intra aſymptotos adhuc apponimus. Jungantur nempe Tab. XI. Fig. 105.

nempe RI $=a$ & AR $=b$ ad angulos rectos, & per I deſcribatur hyperbola intra aſymptotos RAT. Fiat RD $=\frac{1}{2}b$ & in D erigatur perpendicularis DC $=\frac{1}{2}a$, tandemque ex centro C radio CK deſcribatur circulus ſecans hyperbolam in M: erit TM $=y$ & AT $=x$.

Nam ex natura hyperbolæ ob AR. RI = AT. TM $ab=xy$ & CK $=x-\frac{1}{2}a$, KM $=y-\frac{1}{2}b$, adeoque ob $CM^2 = CK^2 + KM^2$, $\frac{1}{4}aa+\frac{1}{4}bb = xx-ax+\frac{1}{4}aa+yy-by+\frac{1}{4}bb$, conſequenter $yy+xx-ax-by=0$ ſeu $xx-ax=by-yy$. Eſt ergo vi æquationis prioris:

$$a:x=y:b$$

Quare $x-a:a=b-y:y$ (§. 124)
Porro vi æquationis poſterioris

$$x-a:b-y=y:x$$

Ergo (§. 124) $a:y=y:x$
Eſt vero etiam $a:y=x:b$ (*§. cit.*)
Ergo $a:y=y:x=x:b$ (§. 167 *Arithm.*)

Tab. XII. Fig. 119. Quod ſi AR & AS jungantur ad angulos rectos & circa axem AR parametro a deſcribatur Parabola AMH, circa AS vero parametro b parabola altera AMI ſecans priorem in M; erit AP $=x$, PM $=y$: quem modum invenit *Menechmus* ex conditione problematis abſque calculo analytico facile eruendum & nos ideo apponimus, quia inde enata eſt methodus conſtruendi æquationes per duorum locorum combinationem. Eſt enim vi parabolæ primæ $y^2=ax$ & vi ſecundæ $x^2=by$, adeoque $a:y=y:x$ & $y:x=x:b$.

COROLLARIUM.

625. Sit latus cubi $=a$, latus cubi dupli $=y$; erit $2a^3=y^3$, ſeu ponendo $2a=b$, $aab=y^3$. Quærendæ igitur ſunt inter latus cubi & ejus duplum duæ mediæ continue proportionales, eritque earum prima latus cubi dupli. Et in genere pro tantuplicatione cubi eſt $ma^3=y^3$, adeoque inter a & ma quærendæ ſunt duæ mediæ.

SCHOLION.

626. *Coincidit adeo problema Deliacum de duplicando cubo, quod Deliis remedium contra peſtem quærentibus oraculum propoſuiſſe fertur, cum problemate de inveniendis duabus mediis continue proportionalibus (quod primus obſervavit* Hipocrates Chius)*: unde & ipſum* problema Deliacum *appellari ſolet. Celebre hoc problema jam olim inter Geometras Græcos extitit, quos inter* Plato, Heron Alexandrinus, Apollonius Pergæus, Eratoſthenes, Pappus Alexandrinus, Sporus, Menechmus, Architas Tarentinus, Philo Byzantius, Philoponus, Diocles & Nicomedes *modis diverſis ab* Eutocio (q) *conſervatis ſolverunt.*

(q) in Commentariis in lib. 2. Archimedis de Sphæra & Cylindro.

Digitized by Google

PROBLEMA 256.

Tab. XI. Fig. 106. 627. *Rectam* AB *utcunque diviſam in* C *ulterius dividere in* D, *ita ut ſit* CD : DB = AC² : CD².

Sit AC=a, CB=b, CD=y, erit DB=$b-y$, conſequenter per conditionem problematis

$$y : b-y = a^2 : y^2$$

Ut nova indeterminata introducatur, cum ob $y^3=a^2b-a^2y$ problema ſolidum eſſe facile intelligatur, fiat

$$a : y = y : x$$

erit I. $ax=y^2$ & hinc

$$y : b-y = a^2 : ax$$
$$a : x \quad (\S.\ 124)$$

II. $xy=ab-ay$

Porro ob $y : b-y = a : x$

$$y^2 : by-y^2 = a : x\ (\S.\ 124)$$
$$ax : by-y^2 = a : x$$
$$x : by-y^2 = 1 : x\ (\S.\ cit.)$$

III. $x^2=by-y^2$
$ax=y^2$ add.

IV. $x^2+ax=by$
$ax=y^2$ add.

V. $x^2+2ax=by+y^2$

Denique ob $ax=y^2$ (I.)
& $x^2=by-y^2$ (III.) ſubtr.

VI. $ax-x^2=2y^2-by$

Habemus adeo æquationes locales

I. $y^2-ax=0$ ad parabolam.

II. $xy+ay-ab=0$ ad hyperbolam intra aſymptotos.

III. $y^2+x^2-by=0$ ad circulum.

IV. $x^2+ax-by=0$ ad parabolam.

V. $y^2-x^2+by-2ax=0$ ad hyperbolam æquilateram.

VI. $y^2+\frac{1}{2}x^2-\frac{1}{2}by-\frac{1}{2}ax=0$ ad ellipſin.

Nos duas dabimus conſtructiones, alteram per parabolam & circulum; alteram per circulum & ellipſin.

Quoniam æquatio ad parabolam $y^2-ax=0$; non alia re opus eſt, quam ut parametro a parabola deſcribatur: erit origo indeterminatæ x in vertice (§. 388).

Pro circulo, ad quem eſt $y^2+x^2-by=0$, vi theorematis generalis (§. 589)

$r=0$	$2n=b$	$n^2=m^2$
$p=0$	$n=\frac{1}{2}b$	$n=m=\frac{1}{2}b$

In vertice adeo parabolæ erigatur perpendicularis AD = $\frac{1}{2}b$ & ex centro D radio AD=$\frac{1}{2}b$ deſcribatur circulus; erit PM = y. Tab. XI. Fig. 107.

Demiſſa enim perpendiculari DR, erit MR=PM−PR=PM−AD=$y-\frac{1}{2}b$

$-\frac{1}{2}b$ & (§. 391) $AP=DR=y^2:a$, conſequenter ob $DM^2=DA^2=MR^2+DR^2$ (§. 417 *Geom.*), $y^4:aa+y^2-by+\frac{1}{4}bb=\frac{1}{4}bb$, hoc eſt,

$$\frac{y^4}{aa}+y^2-by=0$$

$$\overline{}\; y:aa$$

$$y^3+a^2y-a^2b=0$$

Pro ellipſi ad quam $y^2+\frac{1}{2}x-\frac{1}{2}by-\frac{1}{2}ax=0$, vi theorematis generalis (§. 588)

$2r:q=0$ $\quad 2n=\frac{1}{2}b$ $\quad \frac{-2tp}{2m}=-\frac{1}{2}a$,

hinc

$q=\int$ $\quad \frac{t}{2m}=\frac{1}{2}$ $\quad n=\frac{1}{4}b$ $\quad p=\frac{1}{2}a$

$$n^2+\frac{tp^2}{2m}=\frac{tm^2}{2m}$$

$$n^2+\frac{1}{2}p^2=\frac{1}{2}m^2$$

$$\frac{1}{16}bb+\frac{1}{8}a^2=\frac{1}{2}m^2$$

$$\sqrt{(\frac{1}{8}bb+\frac{1}{4}a^2)}=m$$

Tab. XI. Fig. 108. Deſcribatur ergo ellipſis, cujus axis $AP=2\sqrt{(\frac{1}{8}bb+\frac{1}{4}a^2)}$ & parameter $=\sqrt{(\frac{1}{8}bb+\frac{1}{4}a^2)}$ ob $2m:t=2:1$. Ex centro C demittatur perpendicularis $CH=n=\frac{1}{4}b$ & ducta DE per H axi AB parallela fiat $HD=p=\frac{1}{2}a$; erit in D origo indeterminatæ x.

Quare circulum cum ea combinaturus erige perpendicularem DL $=\frac{1}{2}b$ & ex L radio DL deſcribatur circulus: erit $QM=y$, $DQ=x$.

Eſt enim $QH=DQ-DH=x-\frac{1}{2}a$, $PM=y-\frac{1}{4}b$, adeoque $PC^2=x^2-ax+\frac{1}{4}a^2$, $PM^2=y^2-\frac{1}{2}by+\frac{1}{16}b^2$. Eſt porro $AC^2=\frac{1}{8}b^2+\frac{1}{4}a^2$, conſequenter ob $t:2m=1:2$ (§. 431)

$$1:2=PM^2:AC^2-PC^2$$

$$1:2=y^2-\frac{1}{2}by+\frac{1}{16}bb:\frac{1}{8}bb-x^2+ax$$

$$2y^2-by+\frac{1}{8}bb=\frac{1}{8}bb+ax-xx$$

$$2y^2-by=ax-xx$$

Porro $RM=y-\frac{1}{2}b$, $LR=DQ=x$, $LM=\frac{1}{2}b$, conſequenter ob $LM^2=LR^2+RM^2$ (§. 417 *Geom.*)

$$\frac{1}{4}bb=y^2-by+\frac{1}{4}bb+xx$$

$$y^2-by=-xx$$

Quo valore ipſius y^2-by in æquatione ſuperiore ſubſtituto, prodit

$$y^2-xx=ax-xx$$

$$y^2=ax$$

$$y^2:a=x$$

$$y^4:aa=x^2$$

Hinc ob $y^2-by+x^2=0$

$$\frac{y^4}{aa}+y^2-by=0$$

$$\overline{}\; y:aa$$

$$y^3+a^2y-a^2b=0$$

Quod

Quod ellipſis tranſeat per puncta D & L, ita oſtenditur. Eſt $KL = DL = \frac{1}{4}b$, adeoque $KL^2 = \frac{1}{16}b^2$. $AC = \surd(\frac{1}{4}a^2 + \frac{1}{8}b^2)$ & $KC = DH = \frac{1}{2}a$, adeoque $AK = \surd(\frac{1}{4}a^2 + \frac{1}{8}b^2) - \frac{1}{2}a$ & $KB = \surd(\frac{1}{4}a^2 + \frac{1}{8}b^2) + \frac{1}{2}a$, conſequenter $AK.KB = \frac{1}{4}a^2 + \frac{1}{8}b^2 - \frac{1}{4}a^2 = \frac{1}{8}b^2$. Sed $2KL^2 = \frac{2}{16}b^2 = \frac{1}{8}b^2$. Eſt itaque $2KL^2 = AK.KB$, conſequenter punctum L, adeoque & punctum D in Ellipſi (§. 420).

PROBLEMA 257.

628. *Dato parallelepipedo cubum æqualem conſtruere.*

Sint latera parallelepipedi a, b & c; latus cubi ſit y; erit (*§. 536 Geom.*)

$$abc = y^3$$

hoc eſt, $a : y = y^2 : bc$

Ut nova indeterminata in æquationem introducatur; fiat

$$a : y = y : x$$

erit I. $ax = y^2$

& ob $a : y = ax : bc$

II. $xy = bc$

Porro $a : y = y : x$

$a : y = ax : bc$

adeoque $y : x = ax : bc$ (§. 167 *Arithm.*)

$$ax^2 = bcy$$

III. $x^2 = bcy : a$

$ax = y^2$ ſubt.

IV. $x^2 - ax = bcy : a - y^2$

V. $x^2 + ax = y^2 + \frac{bcy}{a}$

Denique ob $x^2 = bcy : a$

$2ax = 2y^2$

VI. $2ax - x^2 = 2y^2 - bcy : a$

& VII. $2ax + x^2 = 2y^2 + bcy : a$

Habemus adeo æquationes locales

I. $y^2 - ax = 0$ ad parabolam.

II. $xy - bc = 0$ ad hyperbolam intra aſymptotos.

III. $x^2 - \frac{bcy}{a} = 0$ ad parabolam.

IV. $y^2 + x^2 - \frac{bcy}{a} - ax = 0$ ad circulum.

V. $y^2 - x^2 + \frac{bcy}{a} - ax = 0$ ad hyperbolam æquilateram.

VI. $y^2 + \frac{1}{2}x^2 - \frac{bcy}{2a} - ax = 0$ ad ellipſin.

VII. $y^2 - \frac{1}{2}x^2 + \frac{bcy}{2a} - ax = 0$ ad hyperbolam ſcalenam.

Pro loco ad circulum, ad quem $y^2 + x^2 - \frac{bc}{a}y - ax = 0$, vi theorematis generalis (§. 589)

2m=

$$\frac{2n = bc : a}{n = bc : 2a} \qquad \frac{2p = a}{p = \tfrac{1}{2}a}$$

$$\frac{n^2 + p^2 = m^2}{\sqrt{\left(\frac{b^2c^2}{4a^2} + \tfrac{1}{4}aa\right)} = m}$$

Tab. IX. Fig. 93. Cum in parabola, ad quam $y^2 - ax = 0$, parametro a deſcripta origo indeterminatæ x ſit in vertice A, fiat $AD = \tfrac{1}{2}a$, $DH = n = bc : 2a$; erit H centrum circuli radio HA deſcribendi: qui ſi deſcribatur, ſecabit parabolam in M, eritque $MP = y$.

Eſt enim $AH^2 = AD^2 + DH^2 = \tfrac{1}{4}aa + b^2c^2 : 4a^2$, $PA = yy : a$ (§. 391) & hinc $DP = HR = yy : a - \tfrac{1}{2}a$, $MR = y - bc : 2a$. Quare ob $AH^2 = HM^2 = HR^2 + MR^2 = \tfrac{1}{4}aa + b^2c^2 : 4a^2 = \frac{y^4}{aa} - yy + \tfrac{1}{4}aa + y^2 - \frac{bcy}{a} + \frac{bbcc}{4aa}$

hoc eſt, $\frac{y^4}{aa} - \frac{bcy}{a} = 0$

$$\frac{\qquad\qquad}{y^3 - abc = 0} \; y : aa$$

Tab. XI. Fig. 105. Jungantur $RI = b$ & $RA = c$ ad angulos rectos, ducatur indefinita AS ipſi RI parallela & intra aſymptotos RA & AS per I deſcribatur hyperbola; erit origo indeterminatæ x in A. Porro ut circulus cum ea combinetur, fiat $AD = n = bc : 2a$ & DC ad AD perpendicularis $= p = \tfrac{1}{2}a$; ex centro C radio AC deſcribatur circulus hyperbolam in M interſecans, erit TM ipſi AR parallela $= y$.

Eſt enim ob AR. RI = AT. TM (§. 502) $bc = xy$. Præterea $AC^2 = CM^2 = AL^2 + CL^2$ (§. 417 *Geom.*) $= \tfrac{1}{4}aa + b^2c^2 : 4aa$, $CK = LT = AT - AL = x - \tfrac{1}{2}a$ & $MK = TM - TK = TM - AD = y - bc : 2a$: unde ob $CM^2 = CK^2 + KM^2$ elicitur $\tfrac{1}{4}aa + b^2c^2 : 4aa = x^2 - ax + \tfrac{1}{4}aa + y^2 - \frac{bc}{a}y + \frac{bbcc}{4aa}$, hoc eſt, $y^2 - \frac{bc}{a}y + x^2 - ax = 0$.

ſeu $y^2 - \frac{bc}{a}y = ax - x^2$

Subſtituatur pro bc valor ipſius xy: prodibit

$$y^2 - \frac{xy^2}{a} = ax - x^2$$

$$\frac{\qquad\qquad}{ay^2 - xy^2 = aax - axx} \; a$$

$$\frac{\qquad\qquad}{y^2 = ax} \; a - x$$

$$\frac{y^4 = a^2x^2}{y^4 : a^2 = x^2}$$

Quare ob $y^2 - \frac{bcy}{a} + x^2 - ax = 0$

$$ax - \frac{bc}{a}y + \frac{y^4}{a^2} - ax = 0$$

$$\frac{y^4}{aa} - \frac{bc}{a}y = 0$$

$$y^3 - abc = 0$$

Pro ellipſi, ad quam eſt $y^2 + \frac{1}{2}x^2 - \frac{bc}{2a}y - ax = 0$, vi theorematis generalis (§. 588)

$r = 0 \quad t = \frac{1}{2m} \quad -\frac{2tp}{2m} = -a$

$\frac{}{q}$ hinc

$q = f$

$$2n = \frac{bc}{2a} \qquad 2p = \frac{a}{2}$$

$$n = \frac{bc}{4a} \qquad p = a$$

$$n^2 + \frac{tp^2}{2m} = \frac{tm^2}{2m}$$

$$n^2 + \frac{1}{2}p^2 = \frac{1}{2}m^2$$

$$2n^2 + p^2 = m^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{b^2c^2}{8aa} + aa\right)} = m$$

Deſcribatur ergo ellipſis, cujus axis $AB = 2\sqrt{(a^2 + b^2c^2 : 8aa)}$, parameter $\sqrt{(a^2 + b^2c^2 : 8aa)}$, quia eſt ad axem in ratione ſubdupla. Ex centro C demittatur perpendicularis $CH = \frac{bc}{4a}$ & per H agatur DE ipſi AB parallela. Fiat $DH = a$; erit D origo indeterminatæ x. Ut circulus cum eadem combinetur, fiat $DI = bc : 2a$ & $IL = \frac{1}{2}a$ & radio LD ex centro L deſcribatur circulus, qui ellipſin ſecabit in M. Dico QM eſſe $= y$ & $DQ = x$. Tab. XI. Fig. 109.

Eſt enim $CP = HQ = DQ - DH = x - a$ & $PM = QM - PQ = QM - DK = y - bc : 4a$. Ex natura ellipſis (§. 431)

$$2 : 1 = AC^2 - CP^2 : PM^2$$

$$\frac{b^2c^2}{8aa} + a^2 - x^2 + 2ax - aa : y^2 - \left(\frac{bcy}{2a} + \frac{b^2c^2}{16a^2}\right)$$

$$\frac{b^2c^2}{8aa} - x^2 + 2ax = 2y^2 - \frac{bc}{a}y + \frac{b^2c^2}{8a^2}$$

$$2ax - x^2 = 2y^2 - bcy : a$$

Porro $MR = QM - RQ = QM - DI = y - bc : 2a$, $LR = DQ - IL = x - \frac{1}{2}a$. Quare ob $DL^2 = LM^2 = LR^2 + RM^2$

$\frac{1}{4}aa + b^2c^2 : 4a^2 = x^2 - ax + \frac{1}{4}aa + y^2 - bcy : a + b^2c^2 : 4a^2$, hoc eſt,

$x^2 -$

$$x^2 - ax + y^2 - bcy : a = 0$$

ſeu $y^2 - bcy = ax - x^2$

$$\overline{a}$$

Subſtituto valore ipſius $ax-x^2$ in æquatione ſuperiori, prodit

$$ax + y^2 - bcy = 2y^2 - bcy$$
$$\overline{a} \quad \overline{a}$$

$$ax = y^2$$

$$x = y^2 : a$$

$$x^2 = y^4 : a^2$$

His valoribus ipſorum x & x^2 denuo in æquatione ſuperiore ſubſtitutis prodit

$$2y^2 - y^4 : a^2 = 2y^2 - bcy$$
$$\overline{a}$$

$$y^4 = bcy$$
$$\overline{aa} \quad \overline{a} \qquad y : aa$$

$$y^3 = abc$$

Non abſimili modo fit conſtructio per circulum & hyperbolam.

PROBLEMA 258.

Tab. XI. Fig. 110. 619. *Datum angulum* ACB *triſecare.*

Concipiamus angulum ACB eſſe trifariam ſectum in ACE, ECD & DCB ducanturque arcuum æqualium ſubtenſæ cognomines AE, ED, DB, quæ æquales ſunt (§. 289. *Geom.*). Sit AC = b, AB = a, AE = y, EG = x,

Jam anguli EAB menſura eſt arcus DP (§. 314. *Geom.*). Anguli vero ACE menſura cum ſit arcus AE (§. 57 *Geom.*) ipſi DB æqualis *per hypoth.* anguli EAG & ACE æquales ſunt (§. 142 *Geom.*). Quoniam itaque præterea angulus AEC utrique triangulo EAG & EAC communis; erit (§. 267 *Geom.*)

AC : AE = AE : EG AC : EC = AE : AG
$b : y = y : x$ ſed AC = EC
———————— ergo AE = AG

I. $yy = bx$

Ducatur EF ipſi DC parallela: erit EFH = GHC (§. 233 *Geom.*) = EDC (§. 312 & 233 *Geom.*). Porro EGF = HGC (§. 156. *Geom.*) = CED (§. 312 & 233. *Geom.*). Eſt igitur (§. 267. *Geom.*).

EC : ED = EG : GF
$$b : y = x : \frac{xy}{b}$$

Quoniam DB = ED = AE, & DB = BH, EA = AG, *per demonſtr.* ED = FH (§. 257 *Geom.*): erit AE + ED + DB = AG + BH + GH + FG hoc eſt, 3AE = AB + FG, conſequenter.

$$3y = a + xy : b$$

II. $3by = ab + xy$ ſeu $3by - xy = ab$ quæ æquatio in hanc reſolvitur analogiam:

$$b : y = 3b - x : a$$
$$y : x = 3b - x : a$$ (§. 167 *Arithm.*)

III. $ay = 3bx - xx$
$yy = bx$ add.

IV. $ay + yy = 4bx - xx$
$ay = 3bx - xx$
$yy = bx$ ſubtr.

V. $ay - yy = 2bx - xx$
$ay = 3bx - xx$
$2yy = 2bx$ add.

VI. $2yy + ay = 5bx - xx$
$ay = 3bx - xx$
$2yy = 2bx$ ſubtr.

VII. $ay - 2yy = bx - xx$

Habemus adeo æquationes locales

I. $yy - bx = 0$ ad parabolam.

II. $xy - 3by + ab = 0$ ad hyperbolam intra aſymptotos.

III. $xx - 3bx + ay = 0$ ad parabolam.

IV. $yy + xx + ay - 4bx = 0$ ad circulum.

V. $yy - xx - ay + 2bx = 0$ ad hyperbolam æquilateram.

VI. $yy + \frac{1}{2}xx + \frac{1}{2}ay - \frac{1}{2}bx = 0$ ad ellipſin.

VII. $yy - \frac{1}{2}xx - \frac{1}{2}ay + \frac{1}{2}bx = 0$ ad hyperbolam ſcalenam.

Pro circulo, ad quem eſt $yy + xx + ay - 4bx = 0$, vi theorematis generalis (§. 589)

$$-2n = a \qquad -2p = -4b$$
$$n = -\frac{1}{2}a \qquad p = 2b$$
$$n^2 + p^2 = m^2$$
$$\sqrt{(\frac{1}{4}aa + 4bb)} = m$$

Quare parabola, ad quam $yy - bx = 0$, parametro b deſcripta, fiat Tab. IX.
$AD = 2b$, $DH = \frac{1}{2}a$ & ex centro H radio DH deſcribatur circulus; erit Fig. 93.
$QN = y$, $AQ = x$.

Eſt enim his poſitis $bx = y^2$ (§. 388), conſequenter $x = y^2 : b$, atque hinc $DQ = KH = 2b - y^2 : b$. Porro $RN = QN + QR = QN + DH = y + \frac{1}{2}a$. Quare ob $HN^2 = KH^2 + KN^2 = \frac{1}{4}aa + 4bb = 4bb - 4y^2 + y^4 : bb + yy + ay + \frac{1}{4}aa$, hoc eſt.

$$y^4 - 3y^2 + ay = 0$$
$$bb$$
$$y : bb$$
$$y^3 - 3bby + abb = 0$$

Eadem vero æquatio prodit, ſi in ſuperius inventa ſecunda æquatione $3y = a + xy : b$ ſubſtituitur valor ipſius $x = y^2 : b$ ex prima. Eſt nempe

nempe $3y = a + y^3 : bb$, hoc eſt, $y^3 - 3bby + abb = o$.

Tab. XI. Fig. 111. Conſtructio per circulum & hyperbolam intra aſymptotos ita abſolvitur. Jungantur $KL = 2b$ & $CL = \frac{1}{2}a$ ad angulos rectos; erit $CK = \sqrt{(4bb + \frac{1}{4}aa)}$ radius circuli ex centro C per K deſcribendi. Producatur CL in I, donec $LI = a$ & KL in T, donec $LT = b$, ſeu $KT = 3b$. Intra aſymptotos KTS per I deſcribatur hyperbola. Dico QM eſſe radicem veram quæſitam ſeu ſubtenſam trientis arcus, qui metitur angulum triſecandum, radio b deſcripti: ſeu $QM = y$ & $KQ = x$.

Eſt enim $QT = KT - KQ = 3b - x$, adeoque ob IL. LT = QT. QM (§. 502), $3by - xy = ab$. Porro $PC = QL = KL - KQ = 2b - x$ & $PM = y + \frac{1}{2}a$, adeoque ob $KC^2 = MC^2 = PM^2 + PC^2$ (§. 417. *Geom.*), $\frac{1}{4}aa + 4bb = y^2 + ay + \frac{1}{4}aa + 4bb - 4bx + xx$, hoc eſt, $y^2 + ay = 4bx - x^2$.

Æquatio prior ad hyperbolam in hanc reſolvitur analogiam;

$$3b - x : b = a : y$$

Ergo $4b - x : b = a + y : y$ (§. 124)

$$4b - x : a + y = b : y$$

Æquatio poſterior ad circulum hanc ſuppeditat analogiam:

$$4b - x : y + a = y : x$$

Quare $b : y = y : x$ (§. 167. *Arithm.*)

Unde $bx = y^2$ & $y^2 : b = x$, $y^4 : b^2 = x^2$, ſubſtitutis his valoribus in æquatione ad circulum $y^2 + ay = 4bx - x^2$, prodit

$$y^2 + ay = 4y^2 - y^4 : b^2$$

$$ay = 3y^2 - y^4 : b^2 \qquad y : b^2$$

$$ab^2 = 3b^2y - y^3$$

ſeu $y^3 - 3b^2y + ab^2 = o$ ut ante. Tab. XI. Fig. 110. 111.

Notandum vero eſt, cum eadem æquatio prodeat, ſi ponatur $qm = y$ eſſe qm trientis complementi ad circulum ſubtenſam AI.

Conſtructiones reliquas facile proprio Marte addent, qui ſuperiora rite perceperunt.

PROBLEMA 259.

630. *Numerum irrationalem datum per lineam exprimere.*

Sit potentia imperfecta quæcunque x & radix ex ea extracta irrationalis $x^{1:m}$.

Ponatur $x^{1:m} = y$

erit $x = y^m$

hoc eſt, a pro unitate aſſumta

$$a^{m-1}x = y^m$$

quæ eſt æquatio ad infinita parabolarum genera (§. 519). Quare ſi parametro a parabola primi generis ſit deſcripta & abſciſſa ſit ad

Digitized by Google

parametrum ut numerus ſub ſigno radicali. e. gr. ut 3 ad 1, ſi $\sqrt{3}$ deſideretur, vel ut 3 ad 2, ſi quæratur $\sqrt{\frac{2}{3}}$; ejus ſemiordinata exprimet numerum quæſitum.

Eſt enim in caſu primo, ſi $a=1$, $x=3$, $y^2=3$, adeoque $y=\sqrt{3}$. Et ſi fuerit $a=1$, $a:x=3:2$, erit $3x=2a=2$, conſequenter $x=\frac{2}{3}$. Hinc $y^2=\frac{2}{3}$, adeoque $y=\sqrt{\frac{2}{3}}$. Eodem modo patet, deſcribendam eſſe parabolam ſecundi generis ſeu cubici ordinis, ſi radices cubicæ dentur; parabolam vero tertii generis ſeu biquadratici ordinis, ſi radices dentur biquadraticæ & ita porro.

Sed poſſunt etiam parabolæ inferiores ſatisfacere radicibus ſuperioribus. Sit enim e. gr. quærenda linea y, quæ eandem habeat rationem ad lineam datam a, quam habet 1 ad $\sqrt[3]{5}$. Per conditionem problematis erit

$$1:\sqrt[3]{5}=a:y$$

$$a\sqrt[3]{5}=y$$

$$5a^3=y^3$$

Conſtruetur adeo problema per parabolam primi generis & circulum, quærendo nempe inter a & $5a$ duas medias continue proportionales.

Fiat enim $a:y=y:x$

erit I. $y^2=ax$

Æquatio propoſita $5a^3=y^3$ reſolvitur in hanc analogiam:

$$a:y=y^2:5a^2$$
$$=ax:5a^2$$
$$=x:5a$$

unde $y:x=x:5a$

$$x^2=5ay$$
$$y^2=ax \text{ vi num. I.}$$

$$\text{II. } y^2+x^2=5ay+ax$$

Æquatio prima eſt ad parabolam & ſecunda ad circulum. Unde æquatio $y^3=5a^3$ conſtruitur ut ſupra.

PROBLEMA 260.

631. *Invenire puncta quotcunque, quæ ſint in curva datæ æquationis*

1. Ducta linea recta, quæ pro axe curvæ deſcribendæ aſſumatur, pro arbitrio determinentur abſciſſæ quotcunque.
2. Erigantur perpendiculares inæ-

indeterminatæ ad ſingulas abſciſſas.

3. Quoniam abſciſſa determinata eſt, æquatio data pro determinata recte habetur. Conſtruatur itaque per methodum ſupra expoſitam: ita enim invenietur ſemiordinata abſciſſæ reſpondens.

E. gr. Sit conſtruenda parabola ſecundi generis ſeu cubici ordinis $aav = y^3$. Aſſumta igitur pro abſciſſa v recta determinata, nova quædam indeterminata introducatur. Fiat nempe

$$a : y = y : x$$

$$\text{I. } ax = y^2$$

Æquatio propoſita in hanc reſolvitur analogiam:

$$a : y = y^2 : av$$

hoc eſt $\quad ax : av$

ſeu $\quad x : v \quad$ (§. 124)?

Quare $y : x = x : v$ (§. 167) *Arithm.*)

$$x^2 = vy$$

addatur $\quad y^2 = ax$

erit $\quad \text{II. } y^2 + x^2 - vy - ax = 0$

Ope igitur æquationis ad parabolam $y^2 - ax = 0$ & alterius ad infinitos circulos (quia v infinitis modis determinari poteſt & debet) $y^2 + x^2 - vy - ax = 0$ puncta quotcunque in paraboloide cubicali inveniuntur. Eſt enim pro circulo vi theorematis generalis (§. 589)

$$2n = v \qquad 2p = a$$

$$n = \tfrac{1}{2}v \qquad p = \tfrac{1}{2}a$$

$$v^2 + p^2 = m^2$$

$$\sqrt{(\tfrac{1}{4}vv + \tfrac{1}{4}aa)} = m$$

Quare parabola parametro a deſcripta, fiat portio axis AK $= \frac{1}{2}a$ & erecta perpendiculari indefinita KG, ex ejus puncto quocunque C per verticem A deſcribatur circulus, erit QM ſemiordinata reſpondens abſciſſæ in paraboloide cubicali, quæ eſt ipſius KC dupla. Ut igitur plures ſemiordinatæ determinentur, ex quotcunque aliis punctis rectæ KG per verticem parabolæ ducendi ſunt circuli alii in punctis adhuc aliis parabolam interſecantes. Tab. XI. Fig. 122.

Nam ſi KC $= \frac{1}{2}v$ & QM $= y$; erit AQ $= yy : a$, KQ $=$ CP $=$ AQ $-$ AK $= yy : a - \frac{1}{2}a$, PM $= y - \frac{1}{2}v$. Quamobrem ob AC^2 $=$ AK^2 $+$ KC^2 $=$ CM^2 $=$ CP^2 $+$ PM^2 (§. 417. *Geom.*) $\frac{1}{4}aa + \frac{1}{4}vv = y^4 : aa - y^2 + \frac{1}{4}aa + y^2 - vy + \frac{1}{4}vv$, hoc eſt,

$$y^4 : aa = vy$$

$$\overline{}\; y : aa$$

$$y^3 = aav$$

Eſt ergo 2KC abſciſſa & QM ipſi reſpondens ſemiordinata in paraboloide cubicali.

Sit conſtruendus circulus ſecundi generis, ad quem eſt $y^3 = av^2 - v^3$. Æquatio in hanc abit analogiam:

$$v : y = y^2 : av - v^2$$

Cum in conſtructione v determinetur,

tur, introducatur nova indeterminata x; ponendo

$$v:y=y:x$$

erit I. $vx=yy$

Porro $v:y=vx:av-v^2$

hoc eſt $y:x=x:a-v$ (§ 124)

Itaque $ay-yv=xx$

Addatur $vx=yy$

erit II. $yy+xx+vy-ay-vx=0.$

Ope itaque æquationis prioris ad infinitas parabolas & poſterioris ad infinitos circulos determinantur quotcunque ſemiordinatæ ad abſciſſas quotcunque in circulo ſecundi generis aſſumtas.

Parametro nimirum v deſcribitur parabola, in qua abſciſſa x, ſemiordinata y. Pro circulo vero eſt vi theorematis generalis (§. 589)

$$-2r=0 \qquad -2n=v-a$$

q

hinc $\qquad n=\frac{1}{2}a-\frac{1}{2}v$

$r=0 \quad q=ſ$

$-2pſ=-v$

q

$-2p=-v$

$p=\frac{1}{2}v$

$$m^2=n^2+p^2$$

$$=\frac{1}{4}a^2-av+\frac{1}{2}v^2$$

$$m=\surd(\frac{1}{4}a^2-av+\frac{1}{2}v^2)$$

Fiat itaque $AD=\frac{1}{2}v$, $DH=\frac{1}{2}a-\frac{1}{2}v$ & Tab. radio $AH=\surd(\frac{1}{4}a^2-av+\frac{1}{2}v^2)$ deſcribatur X. circulus ex centro H tranſiens per verti- Fig. cem parabolæ A, erit $AP=x$ & $PM=y$. 93.

Ipſa tamen conſtructio moleſtior eſt antecedente, quia continuo nova parabola deſcribenda, ob indeterminatam parametrum v.

Finis Analyſeos finitorum.

ELE-

Digitized by Google

ELEMENTORUM ANALYSEOS MATHEMATICÆ PARS II.

ELEMENTA ANALYSEOS INFINITORUM TRADIT.

Sectio I.

DE CALCULO DIFFERENTIALI.

CAPUT I.

DE NATURA CALCULI DIFFERENTIALIS.

DEFINITIO 1.

1. Calculus *differentialis* eſt methodus quantitates differentiandi, hoc eſt, inveniendi quantitatem infinite parvam, quæ infinities ſumta datam adæquat.

DEFINITIO 2.

2. *Infiniteſima* ſeu *quantitas infinite parva* eſt particula quantitatis adeo exigua, ut eidem incomparabilis exiſtat, ſeu quæ omni aſſignabili minor.

COROLLARIUM 1.

3. Infiniteſima itaque reſpectu ejus quantitatis, cui incomparabilis exiſtit, pro nihilo habenda. Si enim negligitur, error committitur omni aſſignabili minor, hoc eſt, nullus.

COROLLARIUM 2.

4. Hinc duæ quantitates infiniteſima differentes æquales ſunt. Cum enim infiniteſima neglecta nullum producat errorem in quantitatibus (§. 3.); una alteri ſubſtitui poteſt. Sunt igitur æquales (§. 15. *Arithm.*).

SCHOLION.

5. *Ut natura infiniteſimarum rite intelligatur, adſequentia animum advertiſſe juvat. Ponamus, te dimetiri montis altitudinem; dum vero per dioptras collineas, flatu venti pulviſculum abigi: montis ergo altitudo diametro unius pulviſculi cenſetur imminuta. Enimvero quoniam eadem altitudo montis invenitur, ſive pulviſculum illud vertici adhæreat*

hæreat, ſive abigatur; quantitas ejus diametri in præſente negotio pro nihilo habenda, hoc eſt, infinite parva exiſtit. Similiter in Aſtronomia diameter Telluris reſpectu fixarum habetur pro puncto ſeu infiniteſima: idem enim obſervaretur motus primus, ſi tellus eſſet punctum individuum. Eodem etiam modo in eclipſibus lunaribus computandis terra pro ſphæra perfecta, conſequenter montium, multoque magis ædium ac turrium altitudines pro infiniteſimis habentur: neque enim aliter nobis appareret umbra telluris ſuper diſco Lunæ, ſi terra ſphæra perfecta eſſet. Idem vero in abſtractis quantitatibus locum habere, dudum agnovere veteres & inter eos demonſtratores rigidiſſimi, Euclides (a) *atque* Archimedes (b). *E. gr. ſi a linea data auferatur ipſius dimidium, ut habet* Euclides, *ſeu, quod perinde eſt, pars alia quantacunque, & a reſiduo rurſus ipſius dimidium aut pars alia ſimilis primum ablata, atque ita porro: devenietur tandem ad aliquam quantitatem qualibet data minorem, hoc eſt, ad infiniteſimam. Apparet adeo hinc, nomen infiniteſimæ eſſe reſpectivum: involvit nempe relationem ad aliam quantitatem datam, cujus reſpectu infiniteſima dicitur. E. gr. diameter telluris in eclipſibus lunaribus eſt infinite magna reſpectu altitudinis montium; ſed eadem tamen eſt infinite parva reſpectu diſtantiæ fixarum in ordine ad motum primum. Cavendum vero, ne cum illis, qui imaginaria cum realibus confundunt, propterea quod diſtincta continui ac infiniti notione deſtituti neſcio qua phantaſmata ſibi fingunt, infiniteſimas & infiniteſimarum infiniteſimas pro entibus realibus habeas: a quo ipſe calculi infiniteſimalis inventor, illuſtris* Leibnitius, *alienus.* (c)

DEFINITIO 3.

6. Infiniteſimæ dicuntur *differentialia*, item *quantitates differentiales*, ſi ſpectantur ut differentiæ duarum quantitatum. Vir ſummus *Newtonus* (quem Angli ſequuntur) infiniteſimas *Fluxiones* vocat, quia eas conſiderat veluti momentanea quantitatum incrementa, e. gr. lineæ fluxu puncti, aut ſuperficiei fluxu lineæ, aut ſolidi fluxu ſuperficiei genita.

COROLLARIUM.

7. Cum itaque tantum quantitates variabiles continuo augeantur, vel minuantur, conſtantibus vero nihil accedat, (§ 375 *Analyſ. finit.*); differentiale quantitatis conſtantis nullum eſt, ſed variabiles tantum aliquod admittunt.

HYPOTHESIS.

8. *Quantitatum differentialia exprimantur per eandem litteram, quibus variabiles denotantur, præfixa*

(a) Element. lib. 10. prop. 1.

(b) In præfat. ad quadraturam parabolæ & in ſcriptis ejus omnibus.

(c) Vide Acta Eruditorum A. 1712. p. 167.

Digitized by Google

fixa tamen littera d. E. gr. differentiale ipſius x dicatur dx; differentiale ipſius y; dicatur dy. *Eſt autem* dx *quantitas poſitiva, ſi* x *continuo creſcit: negativa, ſi decreſcit.*

SCHOLION.

9. *Angli cum* Newtono *pro* dx *ſcribunt* $\dot{x}$; *pro* dy *vero* $\dot{y}$; *ſed commodior eſt* Leibnitiana *differentialium deſignatio, qua omnes reliqui utuntur, quia ſi differentialia denuo differentiantur facile oritur punctorum confuſio: ut taceam typothetas facilius puncta negligere, quam litteram* d *omittere.*

COROLLARIUM 1.

10. Quoniam quantitates conſtantes primis alphabeti litteris indigitamus (§. 376. *Analyſ. finit.*); erit $da=0$, $db=0$, $dc=0$, (§. 7).

COROLLARIUM 2.

11. Quare $d(x+y-a)=dx+dy$ & $d(x-y+a)=dx-dy$. Facilis adeo eſt differentiatio quantitatum per additionem aut ſubtractionem compoſitarum.

PROBLEMA 1.

12. *Differentiare quantitates ſe mutuo multiplicantes.*

RESOLUTIO.

Tab. I. Fig. 1. I. Si quantitates duæ ſe mutuo multiplicent, ut xy; differentiale unius factoris ducatur in factorem alterum; ſumma duorum factorum, quæ hac ratione prodeunt, $xdy+ydx$ erit differentiale quæſitum, hoc eſt, $d(xy)=xdy+ydx$.

DEMONSTRATIO.

xy repræſentat rectangulum ABDC, cujus latus unum $AC=x$, alterum $DC=y$. Si concipiamus latus utrumque augeri quantitate differentiali, nempe ut CA degeneret in $CL=x+dx$ & CD in $CE=y+dy$; rectangulum CABD abit in majus CLGE. Differentiale adeo ipſius xy eſt differentia inter rectangulum CABD & CLGE (§. 6). Quare $dxy=xy+ydx+xdy+dxdy-xy=ydx+xdy+dxdy$, nempe ALBH + DBFE + BHGF. Quodſi in rectangulo $ALHB=ydx$ $AL=dx$ ſumatur pro conſtante; erit $HGFB=dxdy$ differentiale ejus (§. 6). Eodem modo patet, eſſe idem rectangulum BHGF differentiale ipſius DEFB. Quamobrem HBFG ſeu $dxdy$ reſpectu rectangulorum ALHB & DBEF, ſeu ydx & xdy, habetur pro nullo; conſequenter differentia inter rectangula CABD & CLGE, ſeu differentiale ipſius xy eſt $ydx+xdy$. *Q. e. d.*

II. Si plures quantitates ſe mutuo multiplicent, e. gr. ſi

fuerit

ſuerit vxy; fiat $vx=t$, erit $vxy=ty$, conſequenter $d(vxy)=tdy+ydt$, *per caſ. 1.* Sed $dt=vdx+xdv$, *per caſ. 1.* Ergo his valoribus in differentiali antecedente $tdy+ydt$ ſubſtitutis prodit $d(vxy)=vxdy+vydx+xydv$. Patet adeo factum ex binis ducendum eſſe in differentiale tertii.

III. Eodem modo reperitur, quid facto opus ſit, ſi plures quantitates ſe mutuo multiplicent. Sit enim e. gr. quantitas differentianda $vxyz$. Fiat $vxy=t$, erit $vxyz=tz$, conſequenter $d(tz)=zdt+tdz$, *per caſ. 1.* Sed $dt=d(vxy)=vxdy+vydx+xydv$, *per caſ. 2.* Ergo $d(vxyz)=zdt+tdz=zvxdy+zvydx+txydv+vxydz$.

IV. Quod ſi creſcente una variabili altera y decreſceret, evidens eſt, fore $ydx-xdy$ differentiale ipſius xy.

COROLLARIUM 1.

13. Ergo $d(x^2)=xdx+xdx=2xdx$, $d(x^3)=x^2dx+x^2dx+x^2dx=3xdx$ &c. & in genere $d(x^m)=mx^{m-1}dx$. Unde patet, quomodo potentiæ differentientur.

COROLLARIUM 2.

14. Cum exponentes dignitatum x^1, x^2, x^3, x^4 &c. 1, 2, 3, 4 &c. ſint earundem logarithmi, poſito logarithmo unitatis $=0$ (*§. 334 Arithm.*); logarithmi vero dignitatum deſcreſcentium $\frac{1}{x}$, $\frac{1}{x^2}$, $\frac{1}{x^3}$, $\frac{1}{x^4}$ &c. ſint $-1, -2, -3, -4$ &c. (§. 358 *Arithm.*); erit $\frac{1}{x}=x^{-1}$, $\frac{1}{x^2}=x^{-2}$, $\frac{1}{x^3}=x^{-3}$ &c. & in genere $\frac{1}{x^m}=x^{-m}$, conſequenter $d(1:x^m)=-mx^{-m-1}dx$ (§. 13). Vel cum ſit $1=x^0$ (§. 55 *part. 1.*), erit $1:x^m=x^0:x^m=x^{-m}$ (§. 54 *part. 1*), adeoque $d\frac{1}{x^m}=-mx^{-m-1}dx$ (§. 13).

COROLLARIUM 3.

15. Et quia $\sqrt[m]{x^n}=x^{n:m}$ (*§. 57 Analyſ. finit.*) & $1:\sqrt[m]{x^n}=1:x^{n:m}=x^{-n:m}$ (*§. cit. & præc.*); erit $d\sqrt[m]{x^n}=\frac{n}{m}x^{n:m-1}dx=\frac{n}{m}x^{(n-m):m}dx=\frac{n\,dx}{m}\sqrt[m]{x^{n-m}}$ & $d(1:\sqrt[m]{x^n})=\frac{n}{m}x^{-n:m-1}dx=0-\frac{n}{m}x^{(-n-m):m}dx=-ndx:m\sqrt[m]{x^{n+m}}$

SCHO-

SCHOLION.

16. *Quodſi cuipiam non ſatis manifeſtum videatur, quomodo corollaria duo poſteriora ex priore inveniantur; is differentialia potentiarum imperfectarum alio adhuc modo inveſtigare poteſt: quem in ſequente problemate exponimus, inprimis cum ejusdem methodi uſus eſſe poſſit, quoties in formulis compoſitis differentiandis aqua haeret.*

PROBLEMA 2.

17. *Differentiare* $1:x^m$, *item* $\sqrt[m]{x^n}$ & $1:\sqrt[m]{x^n}$.

RESOLUTIO.

I. Fiat $1:x^m = v$

erit $1 = x^m v$

(§.10.12.) $0 = mx^{m-1}vdx + x^m dv$

$-mx^{m-1}vdx = x^m dv$

$\frac{-mx^{m-1}vdx}{x^m} = dv$

$\frac{-mx^{m-1}dx}{x^{2m}} = dv$ (§. 42. 54. *part. 1.*)

h. e. $-mx^{-m-1}dx = dv$ (§.54 *part. 1.*)

II. Fiat $\sqrt[m]{x^n} = y$

$x^n = y^m$

$nx^{n-1}dx = my^{m-1}dy$ (§.13)

hoc eſt, $nx^{n-1}dx = \frac{my^m dy}{y}$ (§. 54. *part. 1.*)

$: \; my^m : y$

$\frac{nyx^{n-1}dx}{my^m} = dy$

ſeu $\frac{nx^{n:m}x^{n-1}dx}{mx^n} = dy$

$\frac{nx^{n:m}x^{-1}dx}{m} = dy$ (§. 54. *part. 1.*)

h. e. $\frac{n}{m}x^{(n-m):m}dx = dy$

III. Fiat denique $1:\sqrt[m]{x^n} = z$

erit $1 = z\sqrt[m]{x^n} = zx^{n:m}$

$0 = \frac{n}{m}x^{(n-m):m}zdx + x^{n:m}dz$ (II.12.)

$-\frac{n}{m}x^{(n-m):m}zdx = x^{n:m}dz$

$\frac{-nx^{(n-m):m}dx}{mx^{n:m}} = x^{n:m}dz$

$\frac{-nx^{(n-m):n}dx}{mx^{2n:m}} = dz$ (§. 42. 54. *part. 1.*)

$\frac{-n x^{(-n-m):m} dx}{m} = dz$ (§. 54. *part.* 1.)

h. e. $\frac{-ndx}{m\sqrt[m]{x^{n+m}}} = dz$ (§. 14).

En in omnibus caſibus eaſdem formulas, quas ſuperius elicuimus (§. 14. 15.)

SCHOLION.

18. *Me non monente clarum eſſe arbitror, formulas in problemate repertas ſubire vicem regularum, juxta quas in caſibus ſimilibus inſtituitur differentiatio.*

PROBLEMA 3.

19. *Differentiare quantitates ſe mutuo dividentes* x : y.

RESOLUTIO.

I. Sit $x : y = v$

erit $x = vy$

$dx = vdy + ydv$ (§. 12)

$dx - vdy = ydv$

h. e. $dx - \frac{xdy}{y} = ydv$

$\frac{dx}{y} - \frac{xdy}{y^2} = dv$

ſeu $(ydx - xdy) : y^2 = dv$

Regula 1. Differentiale diviſoris ducatur in dividendum & contra differentiale dividendi in diviſorem. 2. Factum prius ex poſteriore auferatur. 3. Reſiduum per quadratum diviſoris dividatur. Quotus eſt differentiale quantitatum ſe mutuo dividentium:

II. Si fuerit $xy : vz$ differentianda: ponatur $xy = t$ & $vz = w$; erit $xy : vz = t : w$. Sed $d(t : w) = (wdt - tdw) : w^2$ *per caſ. 1.* & $dt = xdy + ydx$, $dw = vdz + zdv$ (§. 12). Ergo $d(t : w) = d(xy : vz) = (vzxdy + vzydx - xyvdz - xyzdv) : v^2 z^2$. Patet adeo, regulam præcedentem huic quoque caſui ſatisfacere.

CAPUT

CAPUT II.

DE USU CALCULI DIFFERENTIALIS IN TANGENTIBUS CURVARUM DETERMINANDIS.

PROBLEMA 4.

20. *Invenire ſubtangentem in curva Algebraica quacunque;*

RESOLUTIO.

Tab. I. Fig. 2. Sit ſemiordinata pm alteri PM infinite propinqua, erit Pp differentiale abſciſſæ, & demiſſa perpendiculari MR=Pp (§.226 *Geom.*) Rm differentiale ſemiordinatæ. Ducatur tangens TM: arculus infinite exiguus Mm non differet a linea recta, adeoque MmR triangulum rectilineum rectangulum: quod *Triangulum curvæ characteriſticum* appellari ſolet, quia lineæ curvæ per illud a ſe invicem diſtinguuntur. Ob parallelismum rectarum PM & pm (§. 370 *part.1*). angulus MmR=TMP (§.233 *Geom*). Quare △ MmR ∽ △ TMP (§. 267 *Geom.*). Sit itaque AP = x, PM = y: erit Pp=MR=dx & Rm=dy (§ 8), conſequenter (§. 267 *Geom.*)

$$Rm : MR = PM : PT$$

$$dy : dx = y : \frac{ydx}{dy}$$

Quodſi ex æquatione curvæ cujuscunque data in expreſſione ſubtangentis PT generali $ydx : dy$ valor ipſius dx ſubſtituatur: quantitates differentiales evaneſcunt proditque valor ſubtangentis in quantitatibus communibus.

Idem valor eruitur, ſi convexitas curvæ refertur ad axem AT. Tab. I. Fig. 4.

COROLLARIUM 1.

21. Pro parabola Apolloniana eſt: $ax = y^2$ (§.388 *part. 1*)

Hinc $adx = 2ydy$ (§. 12)

$dx = 2ydy : a$

PT=$ydx : dy = 2y^2dy : ady = 2y^2 : a = 2ax : a = 2x$, prorſus ut ſupra (§.410 *part.1.*)

COROLLARIUM 2.

22. Pro infinitis parabolis eſt (§. 519. *Part. 1.*)

$a^{m-1}x = y^m$

$a^{m-1}dx = my^{m-1}dy$ (§.12)

$dx = my^{m-1}dy : a^{m-1}$

PT=$ydx : dy = my^m dy : a^{m-1}dy = my^m : a^{m-1} = ma^{m-1}x : a^{m-1} = mx$.

E gr.

E. gr. Cum in paraboloide cubicali $m=3$; erit ſubtangens $=3x$: cum in ſurdeſolidali $m=5$; erit ſubtangens $=5x$.

COROLLARIUM 3.

23. Pro circulo eſt (§. 377. *part. 1.*)

$$ax-xx=yy$$

$$adx-2xdx=2ydy$$

$$dx=2ydy:(a-2x)$$

$PT=ydy:dx=2y^2dy:(a-2x)dy=2y^2:(a-2x)=(2ax-2xx):(a-2x)=(ax-xx):(\frac{1}{2}a-x)$, hoc eſt, $PC:PB=AP:PT$, conſequenter $\square\, PC.PT=AP.PB$ (§. 378 *Geom.*) $=PM^2$ (§. 377 *part. 1.*)

Tab. I. Fig. 1. Ergo $AT=(ax-xx):(\frac{1}{2}a-x)-x=(ax-xx-\frac{1}{2}ax+xx):(\frac{1}{2}a-x)=\frac{1}{2}ax:(\frac{1}{2}a-x)$ hoc eſt, $PC:PA=CA:AT$.

COROLLARIUM 4.

24. Pro infinitis circulis eſt (§. 524. *part. 1.*)

$$ax^m-x^{m+1}=y^{m+1}$$

$$max^{m-1}dx-(m-1)x^mdx=(m+1)y^mdy$$

$$dx=\frac{(m+1)\,y^mdy}{max^{m-1}-(m-1)x^m}$$

$PT=ydx:dy=(m+1)y^{m+1}:(max^{m-1}-[m-1]x^m)=(m+1)(ax^m-x^{m+1}):(max^{m-1}-[m-1]x^m)=(m+1)(ax-x^2):(ma-mx-x)$ & $AT=(m+1)(ax-x^2):(ma-[m-1]x)-x=(max+ax-mx^2-x^2-max+mx^2+x^2):(ma-[m-1]x)=ax:(ma-[m-1]x)$. Cum itaque in circulo ſecundi generis $m=2$; erit $AT=ax:(2a-3x)$ & $PT=(3ax-3x^2):(2a-3x)$.

COROLLARIUM 5.

25. Pro ellipſi Apolloniana eſt (§. 420 *part. 1.*)

$$ay^2=abx-bx^2$$

Hinc $2aydy=abdx-2bxdx$

$$2aydy:(ab-2bx)=dx$$

$PT=ydx:dy=2ay^2:(ab-2bx)=2abx-2bx^2):(ab-2bx)=(2ax-2x^2):(a-2x)$, prorſus ut ſupra (§. 440. *part. 1.*)

COROLLARIUM 5.

26. Pro infinitis ellipſibus eſt (§. 532. *part 1.*)

$$ay^{m+n}=bx^m(a-x)^n$$

$$(m+n)ay^{m+n-1}dy=mbx^{m-1}(a-x)^ndx-nbx^m(a-x)^{n-1}dx$$

$$\frac{(m+n)\,ay^{m+n-1}dy}{mbx^{m-1}(a-x)^n-nbx^m(a-x)^{n-1}}=dx$$

$$PT=ydx:dy=\frac{(m+n)\,ay^{m+n}}{mbx^{m-1}(a-x)^n-nbx^m(a-x)^{n-1}}=(m+n)$$

$=(m+n)bx^m(a-x)^n : (mbx^{m-1}[a-x]^n - nbx^m[a-x]^{n-1}) =$ diviſione per $bx^{m-1}[a-x]^{n-1}$ facta $(m+n)(ax-x^2):(ma-mx-nx)$ & hinc

$AT = (max - mxx + nax - nxx) : (ma-mx-nx) - x = (max - mx^2 + nax - nx^2 - max + mx^2 + nx^2) : (ma - mx - nx) = nax : (ma - [m-1]x)$.

Cum adeo in ellipſoide cubicali ſit $m = 2$, $n = 1$; erit $PT = (3ax - 3x^2) : (2a - 3x)$ & $AT = ax : (2a - 3x)$.

COROLLARIUM 7.

27. Pro hyperbola Apolloniana eſt (§. 459 part. 1.)

$$ay^2 = abx + bxx$$

$$2aydy = abdx + 2bxdx$$

$$2aydy : (ab + 2bx) = dx$$

$PT = ydx : dy = 2ay^2 : (ab + 2bx) = (2abx + 2bxx):(ab + 2bx) = (2ax + 2xx) : (a + 2x)$ prorſus ut ſupra (§. 491 *part. 1*).

COROLLARIUM 8.

28. Pro infinitis hyperbolis cum ſit $ay^{m+n} = bx^m(a+x)^n$ (§. 525 *part. 1.*): reperietur ut ante pro infinitis ellipſibus $PT = (m+n)(ax+x^2) : (ma + [m+n]x)$ & $AT = nax : (ma + [m+n]x)$.

COROLLARIUM 9.

29. Pro hyperbola intra aſymptotos eſt (§. 502. part. 1.)

$$xy = aa$$

$$xdy + ydx = 0$$

$$ydx = -xdy$$

$PT = ydx : dy = -xdy : dy = -x$

Tab. I. Fig. 4.

Quoniam valor ſubtangentis eſt negativus, id indicio eſt, ſubtangentem PT eſſe ſumendam in oppoſitum originis abſciſſæ AP. Differentiale enim ipſius xy eſſe debebat $ydx - xdy$, quia y decreſcit (§. 12.).

COROLLARIUM 10.

30. Pro infinitis hyperbolis intra aſymptotos eſt.

$$a^{m+n} = x^n y^m$$

$$0 = nx^{n-1}y^m dx + mx^n y^{m-1} dy$$

$$-mx^n y^{m-1} dy = nx^{n-1} y^m dx$$

$$-mxdy : ny = dx$$

$PT = ydx : dy = -mxydy : nydy = -\frac{n}{m} x.$

COROLLARIUM 11.

31. Pro Ciſſoide *Dioclis* eſt (§. 548. part. 1.)

$$y^2 = x^3 : (a-x)$$

$$2ydy = (3ax^2dx - 3x^3dx + x^3dx) : (a-x)^2$$

$$2y(a-x)^2 dy : (3ax^2 - 2x^3) = dx$$

$PT = ydx : dy = 2y^2 (a-x)^2 : (3ax^2 -$

$2x^3) = x^3(a-x) : (3ax^2 - 2x^3 = (ax - xx) : (3a-2x)$.

Tab. VI. Fig. 63. part. 1.

Habemus itaque

$$3a - 2x : a - x = 2x : PT$$

ſive $\frac{3}{2}a - x : a - x = x : PT$

h. e. $QB + GB : QB = AQ : PT$

COROLLARIUM. 12.

32. Denique pro omnibus curvis algebraicis eſt (*ſ*. 385. *part*. 1.)

$$ay^m + bx^n + cy^r x^s + f = 0$$

$$may^{m-1}dy + nbx^{n-1}dx + ſcy^r x^{s-1}dx + rcy^{r-1}x^s dy = 0$$

$$nbx^{n-1}dx + ſcy^r x^{s-1}dx = -may^{m-1}dy - rcy^{r-1}x^s dy$$

$$dx = \frac{-may^{m-1}dy - rcy^{r-1}x^s dy}{nbx^{n-1} + ſcy^r x^{s-1}}$$

$$PT = \frac{y\,dx}{dy} = \frac{-may^m - rcy^r x^s}{nbx^{n-1} + ſcy^r x^{s-1}}$$

Sit e. gr. $y^2 - ax = 0$, erit comparatione cum formula generali facta,

$ay^m = y^2$ $\quad bx^n = -ax$

$a = 1\ m = 2$ $\quad b = -a\ n = 1$

$cy^r x^s = 0$ $\quad f = 0$.

$c = 0\ r = 0\ ſ = 0$

His valoribus in formula ſubtangentis generaliſſima ſubſtitutis prodit ſubtangens parabolæ primi generis $(-2.1.y^2 - 0.0y^0x^0) : (1.-ax^{1-1} + 0.0y^0x^{0-1}) = -2y^2 : -a = 2y^2 : a$, ut ſupra (§. 21).

Similiter ſit pro circulo $y^2 - ax + x^2 = 0$; erit

$ay^m = y^2$ $\quad bx^n = -ax$

$a = 1\ m = 2$ $\quad b = -a\ n = 1$

$bx^n = -x^2$ $\quad cy^r x^s = 0$

$b = 1\ n = 2.$ $\quad c = 0\ r = 0\ ſ = 0$

$PT = -2.1.y^2 \quad = -2y^2 \quad = 2y^2$

$1.-ax^0 + 2.1x \quad -a + 2x \quad a - 2x$

ut ſupra (§. 23).

Sit $y^3 - x^3 - axy = 0$, erit

$ay^m = y^3$ $\quad bx^n = -x^3$

$a = 1\ m = 3$ $\quad b = -1\ n = 3$

$cy^r x^s = -axy$ $\quad f = 0$

$c = -a\ r = 1\ ſ = 1$

His valoribus in formula ſubtangentis generali ſubſtitutis, prodit ſubtangens curvæ, ad quam eſt æquatio data $PT = (-3.1y^3 - 1.-ayx) : (3.-1x^2 + 1.-ayx^0) = (-3y^3 + ayx) : (-3x^2 - ay) = (3y^3 - axy) : (3x^2 + ay)$, conſequenter $AT = (3y^3 - axy) : (3x^2 + ay) - x = (3y^3 - axy - 3x^3 - axy) : (3x^2 + ay) = (3axy - 2axy) : (3x^2 + ay)$, ſubſtituto nempe ex æquatione ad curvam ipſius $y^3 - x^3$ valore, hoc eſt, $axy : (3x^2 + ay)$.

SCHOLION.

33. *In applicatione formulæ generalis* bx^n *&* $cy^r x^s$ *totidem terminis ſigillatim comparantur, quot in dato caſu ſpeciali eisdem reſpondent, ſinguliquè valores ſi-* mul

mul in formula ſubtangentis ſubſtituuntur, propterea quod bx^n *repraeſentat omnes terminos, in quibus ſola indeterminata* x *occurrit, & $cy^r x^s$ omnes terminos, in quibus utraque indeterminata* x *&* y *locum habet* (§. 385 part. 1).

COROLLARIUM.

Tab. I. Fig. 2. 34. Quia $PT = ydx : dy$, $PM = y$; erit (§. 417. *Geom.*) $TM = \sqrt{(y^2dx^2 : dy^2 + y^2)} = y\sqrt{(dx^2 + dy^2)} : dy$.

PROBLEMA 5.

35. *Determinare ſubnormalem* PH *in linea algebraica quacunque.*

RESOLUTIO.

Tab. I. Fig. 2. Sit $PM = y$, $AP = x$, erit $TP = ydx : dy$ (§. 20) & $PT : PM = PM : PH$ (§. 409 *part. 1.*) hoc eſt, $\frac{ydx}{dy} : y = y : \frac{ydy}{dx}$

Quodſi ut in problemate præcedente in expreſſione ſubnormalis PH generali valor ipſius dy ſubſtituatur; differentiales quantitates evaneſcunt & valor ſubnormalis in quantitatibus ordinariis prodit.

COROLLARIUM 1.

36. In parabola *Apolloniana* $dy = adx : 2y$, (§. 21). Ergo $PH = ydy : dx = ay\, dx : 2ydx = \frac{1}{2}a$, ut ſupra reperimus (§. 410. part. 1.)

COROLLARIUM 2.

37. In infinitis parabolis $dy = a^{m-1} dx : my^{m-1}$ (§. 22). Itaque $PH = ydy : dx = a^{m-1}y : my^{m-1} = a^{m-1}y^2 : my^m$ (§. 54 *part. 1.*) $= a^{m-1}y^2 : ma^{m-1}x$ (§. 519. *part. 1.*) $= y^2 : mx$, ut adeo ſit $mx : y = y : PH$.

COROLLARIUM 3.

38. In circulo $adx - 2xdx = 2ydy$ (§. 23), hoc eſt, $\frac{1}{2}a - x = ydy : dx = PC$. Tab. I. Fig. 3. Apparet adeo, in circulo omnes ad peripheriam normales in centro concurrere, conſequenter tangentem TM radio CM ad angulos rectos inſiſtere.

COROLLARIUM 4.

39. In infinitis circulis $(max^{m-1}dx - (m-1)x^m dx) : (m+1)y^m = dy$. Unde ſubnormalis $PH\, ydy : dx = (max^{m-1}y - [m-1]x^m y) : (m+1)y^m = (max^{m-1}y^2 - [m-1]x^m y^2) : (m+1)y^{m+1} = (max^{m-1}y^2 - [m-1]x^m y^2) : (m+1)(ax^m - x^{m+1}) = (may^2 - [m-1]xy^2) : (m+1)(ax - x^2)$. Eſt itaque $ax - x^2 : y^2 = \frac{m}{m+1}a - x : PH$.

COROLLARIUM 5.

40. In infinitis ellipſibus $dy = (mbx^{m-1}(a-x)^n dx - nbx^m(a-x)^{n-1}dx) : (m+1)ay^{m+n-1}$ (§. 26). Tab. I. Fig. 2. Unde $PH = ydy : dx = (mbx^{m-1}(a-x)^n y - nbx^m(a-x)^{n-1}y) : (m+1)ay^{m+n-1} = (mbx^{m-1}(a-x)^n y^2 - nbx^n(a-x)^{n-1}y^2) : (m+n)ay^{m+n}$ ſive: $(m+n)bx^m(a-x)^n = (my^2(a-x) - nxy^2) : (m+n)(ax - x^2)$. Eſt itaque $ax - x^2 : y^2 = \frac{m}{m+n}a - x : PH$.

COROLLARIUM 6.

Tab. 1. Fig. 4. 42. Pro hyperbola intra aſymptotos (§.29) $dy = -ydx : x$. Unde $PH = ydy : dx = -y^2 : x$. Valor negativus indicio eſt, ſubnormalem PH cadere verſus ſiniſtram. Quia $xy = a^2$, adeoque $y = a^2 : x$ & $y^2 = a^4 : x^2$, erit $PH = a^2 y : x^2$ vel $a^4 : x^3$, conſequenter $x^2 : a^2 = y : PH$ & $x^3 : a^3 = a : PH$, hoc eſt, ſemiordinata habet ad ſubnormalem rationem duplicatam, & latus potentiæ hyperbolæ rationem triplicatam abſciſſæ ad latus potentiæ hyperbolæ.

COROLLARIUM 8.

43. In Ciſſoide *Dioclis* $2ydy = (3ax^2 dx - 2x^3 dx) : (a-x)^2$ (§.31). Igitur ſubnormalis $ydy : dx = (3ax^2 - 2x^3) : 2(a-x)^2$. Eſt adeo $(a-x)^2 : x^2 = \frac{3}{2}a - x : PH$.

COROLLARIUM. 9.

Tab. 1. Fig. 2. 44. Quia $PH = ydy : dx$ (§: 35) & $PM = y$: erit $MH = \surd(y^2 dy^2 : dx^2 + y^2) = y\surd(dy^2 + dx^2) : dx$.

SCHOLION.

45. *Equidem data per problema præcedens ſubtangente ſubnormalis reperitur facillime abſque calculo differentiali* (§. 409): *quoniam tamen ſubinde ſubnormalis inveniri debet data tantummodo æquatione ad curvam, ideo in problemate præſente docendum erat, quomodo independenter a ſubtangente ex æquatione eruenda.*

PROBLEMA 6.

46. *Determinare curvarum algebraicarum aſymptotos.*

RESOLUTIO.

1. Quoniam aſymptotus CD cum curva non concurrit, niſi intervallo infinito emenſo; haberi poteſt pro tangente in puncto, cui abſciſſa infinita reſpondet. Quantitates ergo conſtantes reſpectu variabilium x & y ſunt infinite parvæ (§. 2.). Quamobrem ſi ex valore ipſius AT abjiciantur, quæ in nullam variabilem ducuntur; prodibit valor ipſius AC, per quem punctum C determinatur, ex quo aſymptotus CD ducitur, Tab. 1. Fig. 2.

2. Quodſi idem fiat in æquatione pro curva, & facta differentiatione inveniatur ratio $dx : dy$; haud difficulter quoque eruitur valor ipſius AE: eſt enim in illo caſu △ MRm ∽ △CEA. Quod ut clarius intelligatur, ponamus abſciſſam AP eſſe infinitam, adeoque TM aſymptotum; evidens eſt △ MmR ∽ △ TPM (§. 10). Sed △ TPM ∽ △ TAG (§. 268. *Geom.*). Ergo △ TAG ∽ △ MmR, conſequenter MR:mR=TA:AG (§. 267 *Geom.*). Surrogetur jam in locum

locum △TAG alterum CAE; erit MR : mR = CA : AE, hoc eſt, $dx:dy$ = CA : AE.

COROLLARIUM. 1.

47. In hyperbola Apolloniana AT = $ax:(a+2x)$ §. 491. *part. 1.* Ergo AT = $ax:2x = \frac{1}{2}a$ = AC prorſus ut ſupra habetur (§. 474. *part. 1*). Porro ad hyperbolam Apollonianam

$$ay^2 = bx(a+x)$$

hoc eſt in noſtro caſu ob a infiniteſimam

$$ay^2 = bxx$$

conſequenter $y\sqrt{a} = x\sqrt{b}$

$$dy\sqrt{a} = dx\sqrt{b}$$

$$dx:dy = \sqrt{a}:\sqrt{b}$$

adeoque ob $dx:dy$ = CA : AE (§. 46)

$$\sqrt{a}:\sqrt{b} = \tfrac{1}{2}a : AE$$

Unde habetur $AE = \frac{1}{2}\sqrt{a^2b}:\sqrt{a} = \frac{1}{2}\sqrt{ab}$ denuo ut ſupra (§. 474. *part. 1.*).

Idem etiam adhuc aliter invenitur. In caſu infiniti ſeu aſymptotico TP = CP = $\frac{1}{2}a + x = x$, ob $\frac{1}{2}a = 0$, quia $x = \infty$. Porro ob ſimilitudinem △△ TPM & CAE eſt

$$CP:PM = CA:AE$$

$$x : x\sqrt{b}:\sqrt{a} = \tfrac{1}{2}a :$$

$$1 : \sqrt{b}:\sqrt{a} = \tfrac{1}{2}a :$$

$$AE = \tfrac{1}{2}a\sqrt{b}:\sqrt{a} = \tfrac{1}{2}\sqrt{ab}.$$

COROLLARIUM 2.

48. Pro infinitis hyperbolis eſt AT = $ax:(ma+mx+nx)$ §. 28. adeoque in caſu aſymptotico, in quo $x = \infty$, AC = $nax:(mx+nx) = na:(m+n)$ §. 46. Quoniam porro (§. 425 *part. 1.*).

$$ay^{m+n} = bx^m(a+x)^n$$

erit $ay^{m+n} = bx^{m+n}$ (§. 46).
hoc eſt, ſi fiat, brevitatis gratia $m+n = r$,

$$ay^r = bx^r$$

$$ya^{1:r} = xb^{1:r}$$

$$dy\,a^{1:r} = dx\,b^{1:r}$$

$$dx:dy = a^{1:r}:b^{1:r} = AC:AE$$

Unde ob AC = $na:r$, reperitur AE

$$\frac{na\sqrt[r]{b}}{r\sqrt[r]{a}} = \frac{n\sqrt[r]{a^{r-1}b}}{r}.$$

PROBLEMA 7.

49. *Determinare ſubtangentem & ſubnormalem in Conchoide.*

Quoniam Conchois eſt curva algebraica (§. 382. 535 *part. 1*); ſubtangens ejus inveniri poteſt *per probl. 4.* & ſubnormalis *per probl. 5.* (§. 20. & 35). Enimvero quia ob æquationem ejus admodum prolixam expreſſio utraque non ſatis concinna prodit; ideo conſultius judicamus alia methodo utramque inveſtigari, qua & in caſibus aliis ſimilibus commode utendum.

Digitized by Google

Tab. I. Fig. 5. Sit nempe AP=x, PM=y. Intelligatur pm ipſi PM infinite propinqua: erit Pp = MR = dx & Rm = dy, unde PT = $ydx : dy$, ut ſupra (§. 20). Sit porro AB=QM (§. 535. *part.* 1)=a, CM=z, BC=b; erit PB=$a-x$, PC=$a+b-x$. Ut valor ipſius dx ex natura curvæ inveniatur; fiat:

$$a-x=v \qquad a+b-x=t$$

$$\text{erit } -dx=dv \qquad -dx=dt$$

Porro (§. 268 *Geom.*)

$$PB : MQ = PC : MC$$
$$v : a = t : z$$
$$at = zv$$
$$adt = zdv + vdz$$

Denique (§. 417 *Geom.*) CM² = PC² + PM², hoc eſt,

$$z^2 = t^2 + y^2$$
$$2zdz = 2tdt + 2ydy$$
$$zdz = tdt + ydy$$

Subſtituantur ex æquationibus duabus prioribus valores ipſorum differentialium dt & dv in duabus poſterioribus: prodibit

$$-adx = -zdx + vdz \qquad zdz = -tdx + ydy$$
$$zdx - adx = vdz \qquad dz = \frac{-tdx + ydy}{z}$$
$$\frac{zdx - adx}{v} = dz$$

Quamobrem

$$\frac{zdx - adx}{v} = \frac{-tdx + ydy}{z}$$
$$z^2dx - azdx = -vtdx + vydy$$
$$z^2dx - azdx + vtdx = vydy$$
$$dx = \frac{vydy}{z^2 - az + vt}$$

Hinc PT = $ydx : dy = vy^2 : (z^2 - az + vt) = v(z^2 - t^2) : (z^2 - az + tv)$ ob $y^2 = z^2 - t^2$, & ſubnormalis $ydy : dx$ habetur $= (z^2 - az + vt) : v = t + (z^2 - az) : v$.

Aliter.

Sit TC ſecans regulam in I perpendicularis ad MC & mc ipſi CM infinite propinqua. TM tangat Conchoidem in M. Radio CQ deſcribatur arcus Qt & radio CM arcus Mr. Sit QM=a, CQ=x, CM = y; erit tS = dx, $mr = dy$. Quoniam in Δ QtS angulus t rectus eſt (§. 38.) & QCI itidem rectus (§. 78. *Geom.*) & ob angulum infinite parvum QCS=0 (§. 3) angulus IQC=QSt (§. 239 *Geom.*), erit Δ QtS ∾ Δ QIC, (§. 267. *Geom.*), adeoque Tab. IV. Fig. 43.

$$CQ : CI = tS : Qt$$
$$x : b = dx : \frac{bdx}{x}$$

Quo-

Quoniam Qt & Mr ſunt arcus concentrici intra crura ejusdem anguli deſcripti, erit (§. 138. 412. *Geom.*)

$$CQ : Qt = CM : Mr$$
$$x : \frac{bdx}{x} = y : \frac{bydx}{x^2}$$

Denique cum eodem, quo ſupra, modo oſtendatur, eſſe $\Delta Mrm \backsim \Delta MCT$, erit

$$mr : Mr = MC : CT$$
$$dy : \frac{bydx}{x^2} = y : \frac{by^2dx}{x^2dy}$$

Ex natura Conchoidis (§. 535. *part. 1.*)

$$y = x + a$$

adeoque $dy = dx$

Ergo $PT = \frac{by^2dx}{x^2dy} = \frac{by^2}{x^2}$

Ducatur itaque GM parallela regulæ IQ; erit (§. 268. *Geom.*).

$$CQ : QM = CI : CG$$
$$x : y = b : \frac{by}{x}$$

Quare ſi porro TM ducatur parallela ipſi GQ; erit (§. *cit.*)

$$CQ : CG = CM : CT$$
$$x : \frac{by}{x} = y : \frac{by^2}{x^2}$$

adeoque CT ſubtangens, conſequenter TM tangens quæſita.

PROBLEMA 8.

50. *Determinare ſubtangentem in Spirali Archimedea & infinitis ſpiralibus aliis.* Tab. I. Fig. 6.

Sit ſemidiameter circuli $AB = a$, peripheria $= b$, arcus $BD = x$, $AG = y$. Intelligatur radius AC alteri AD infinite propinquus, & ducatur radio AG arculus EG; erit $CD = dx$ & $EF = dy$ & (§. 138. 412. *Geom.*)

$$AD : AG = DC : GE$$
$$a : y = dx : \frac{ydx}{a}$$

Quoniam EG ad AE perpendicularis (§. 38); ducatur HA ad AC normalis; quæ eſt ſubtangens ſpiralis: erit EG parallela ipſi AH (§. 256 *Geom.*) adeoque cum ſit $FA = AE$ ſive AG ob infinite parvam EF (§. 268 *Geom.*)

$$FE : EG = FA : AH$$
$$dy : \frac{ydx}{a} = y : \frac{y^2dx}{ady}$$

Jam pro ſpirali Archimedea (§. 571. *part. 1.*)

$$ax = by$$
$$adx = bdy$$

Hinc

Hinc ſubtangens $AH = y^2dx = by^2 :$

$$\frac{\quad}{ady}$$

$a^2 = xy : a.$

Pendet adeo determinatio ſubtangentis a quadratura circuli, cum pro arcu x aſſumenda ſit recta.

Pro infinitis ſpiralibus eſt (§. 572 *part.* 1.)

$$a^m x^n = b^n y^m$$

$$na^m x^{n-1} dx = mb^n y^{m-1} dy$$

$$dx = mb^n y^{m-1} dy : na^m x^{n-1}$$

$AH = y^2 dx : ady = mb^n y^{m+1} : na^{m+1} x^{n-1} = ma^m x^n y : ma^{m+1} x^{n-1} = mxy : na$

COROLLARIUM.

51. Quodſi ponamus arcum BC eſſe ad FC ut eſt abſciſſa curvæ algebraicæ ad ſemiordinatam; erit $BC = x$, $CD = dx$, $FC = y$, & (ducto radio AG arculo FI) $GI = FE = dy$, atque (§. 138. 412. *Geom.*) ob $AG = AF$ (§. 4)

$$AC : CD = AG : EG$$

$$a : dx = a - y : adx - ydx$$
$$\frac{\quad}{a}$$

$$FE : EG = FA : AH$$

$$dy : adx - ydx = a - y : (a-y)^2 dx$$
$$\frac{\quad}{a} \qquad \frac{\quad}{ady}$$

Quodſi ergo ex æquatione curvæ algebraicæ, quæ exprimit relationem BC ad FC, ſubſtituatur in expreſſione ſubtangentis AH valor ipſius dx, prodibit ſubtangens quæſita. Sit e. gr. relatio arcus BC ad rectam FC contenta æquatione

$$bx = y^2$$

erit $bdx = 2ydy$

unde $AH = (a-y)^2 dx : ady = 2y(a-y)^2 : ab.$

PROBLEMA 9.

52. *Determinare ſubtangentem PT in Cycloide.* Tab. I. Fig. 7.

Sit APB circulus genitor cycloidis AMC, KP tangens circuli. Ducatur TM, quæ cycloidem in M tangat; erit TP ſubtangens. Recta QM per utrumque contactus punctum P & M tranſeunti intelligatur ipſa qm parallela & infinite propinqua; demittantur perpendiculares PO & MS: agatur denique MR ipſi PT parallela. Erit MS = PO (§. 226. *Geom.*) & MR = Pp, quia arculus Pp infinite exiguus, habetur pro parte rectæ pT, (§. 257 *Geom*). Sit jam $AP = x$, $PM = y$; erit $Pp = MR = dx$, $mR = dy$. Ob parallelas MP & mR, *per conſtruct:* angulus MmR = TMP & ob parallelas MR & TP, *itidem per conſtr.* mRM = mpT = MPT (§. 233 *Geom.*), conſequenter (§. 267. *Geom.*)

mR:

$mR : RM = MP : PT$
$dy : dx = y : \frac{ydx}{dy}$

Eſt vero in cycloide $y = x$ (§ 575. *part. 1*), conſequenter $dy = dx$ & hinc $ydx : dy$ ſeu $PT = y$. Ducta igitur recta PT, quæ circulum tangit in P, facillime quoque ducitur TM, quæ cycloidem in puncto reſpondente M tangit.

COROLLARIUM.

53. Si APB fuerit linea algebraica alia, cujus arcus AP ſint abſciſſæ tranſcendentis AMC; eodem modo determinatur ſubtangens, cum in omni caſu reperiatur $PT = ydx : dy$. Ponamus e. gr.

$bx = ay$

erit $bdx = ady$

$dx = ady : b$

$PT = ydx : dy = aydy : bdy = ay : b.$

PROBLEMA 10.

54. *Determinare ſubtangentem* PT *in Logiſtica.*

Tab. I. Fig. 8. Sit $AP = x$, $PM = y$, pm ipſi PM perpendicularis; erit $MR = Pp = dx$ & $Rm = dy$ & vi eorum, quæ in problemate 4. (§. 20) demonſtrata ſunt.

$mR : RM = PM : PT$
$dy : dx = y : \frac{ydx}{dy}$

Sit abſciſſa alia ipſa AP major vel minor $= v$ & ſemiordinata eidem reſpondens $= z$; erit ſubtangens $= zdv : dz$. Quoniam ex natura Logiſticæ abſciſſæ in progreſſione arithmetica progrediuntur (§. 555 *part. 1.*) erit $dx = dv$. Quoniam vero ſemiordinatæ progrediuntur in geometrica (§. *cit.*); erit

$y : y + dy = z : z + dz$

$y : dy = z : dz$ (§. 193. *Arithm.*)
$dx = dv$

$ydx : dy = zdv : dz$

Theorema. In Logiſtica omnes ſubtangentes ſunt inter ſe æquales, ſeu ſubtangens PT eſt conſtans.

PROBLEMA 11.

55. *Determinare ſubtangentem* MH *in quadratrice Dinoſtratis.* Tab. I. Fig. 9.

Per punctum datum M ducatur radius CN ſitque TM tangens, MK ad CM & TK ad MK perpendicularis, Cn ipſi CN & pm ipſi PM infinite propinqua, $AP = y$, $AN = x$, $CM = p$, $ANB = a$, $AC = b$; erit $MI = b - y$, $Pp = MR = dy$, $Nn = dx$. Quoniam arcus infinite parvus radio CM deſcriptus coincidit cum recta MH, erit (§. 138. 412. *Geom.*)

$CN : Nn = CM : MH$
$b : dx = p : \frac{pdx}{b}$

Porro cum TK (*per hypoth.*) & CH (§.37) ſint ad MK perpendiculares; erit *m*H ipſi KT parallela (§. 256. *Geom.*), adeoque (§.268. *Geom.*)

$$Mm : MT = MH : MK.$$

Similiter *m*R & TI, quia ad MI perpendiculares (*per hypoth.*), inter ſe parallelæ (§. 256. *Geom.*), adeoque (§.268. *Geom.*)

$$Mm : MT = MR : MI$$

conſequenter (§.167. *Arithm.*)

$$MR : MI = MH : MK$$

$$dy : b - y = \frac{pdx}{b} : \frac{pdx}{dy} - \frac{pydx}{bdy}$$

Eſt vero ex natura quadratricis (§ 518 *part. 1.*)

$$bx = ay$$

$$bx : a = y$$

Item, $dx = ady : b$

Subſtitutis ergo in valore ipſius MK pro dx & y valoribus modo inventis, prodit $MK = \frac{ap}{b} - \frac{abpx}{abb} = (ap - px) : b = (a - x)p : b = NB.MC.$ Eſt vero NB arcus radio MC deſcriptus adeoque conſtructio a rectificatione arcus illius, ſeu a quadratura circuli pendet.

PROBLEMA 12.

Tab. I. 56. *Intra angulum* QTH *deſcribere curvam deſideratam algebraicam, quæ rectam* TQ *in dato puncto* M *tangat.* Fig. 2.

RESOLUTIO.

Demittatur ex M ad TH perpendicularis PM, erit TP ſubtangens, PM ſemiordinata curvæ quæſitæ. Sit $TP = v$, $PM = y$, erit (§. 20)

$$TP : PM = MR : mR$$

$$v : y = dx : dy$$

$$vdy = ydx$$

Quare ſi ex æquatione curvæ determinatur valor ipſius dx vel dy & in æquatione modo inventa ſubſtituatur; per communes Algebræ regulas determinantur tum abſciſſa x ſemiordinatæ PM datæ reſpondens, ut habeatur vertex curvæ A; tum lineæ rectæ, quibus datis curva datur. Quodſi vero contingat, aliquas ex his determinari non poſſe; id quidem indicio eſt, eam variis modis aſſumi poſſe adeoque plures curvas ejusdem ſpeciei ſatisfacere propoſito.

COROLLARIUM 1.

57. Si curva AMO parabola primi generis eſſe debet; erit (§. 388. *part. 1*)

$$ax = y^2$$

$$adx = 2ydy$$

$$dx = 2ydy : a$$

Quodſi hic valor in æquatione $vdy = ydx$ pro dx ſubſtituatur; habebimus

vdy

Digitized by Google

$$vdy = 2y^2 dy : a$$

$av = 2y^2$ ſeu $a = 2y^2 : v$

Porro ex æquatione ad parabolam $a = y^2 : x$. Quare

$$2y^2 : v = y^2 : x$$

$$2 : v = 1 : x$$

$$2v = x$$

$$x = \tfrac{1}{2} v$$

Diviſa nempe TP bifariam in A, habetur vertex parabolæ A, ut jam ex ſuperioribus (§. 21) conſtat. Parametro itaque $2y^2 : v$ circa axem AH parabola deſcribenda (§. 401 *part. I.*).

COROLLARIUM 2.

58. Si curva AMO hyperbola æquilatera: erit (§. 505. *part. I.*).

$$ax + xx = y^2$$

$$adx + 2xdx = 2ydy$$

$$dx = 2ydy : (a + 2x)$$

Quodſi in æquatione $vdy = ydx$ pro dx ſubſtituatur valor modo inventus, prodibit

$$vdy = 2y^2 dy : (a + 2x)$$

$$av + 2vx = 2y^2$$

$$av = 2y^2 - 2vx$$

$$a = 2y^2 : v - 2x$$

hoc eſt, ſi fiat $y^2 : v = m$

$$a = 2m - 2x$$

Porro ex æquatione ad hyperbolam æquilateram

$$ax + xx = y^2$$

$$a = y^2 : x - x$$

Unde $y^2 : x - x = 2m - 2x$

$$yy - xx = 2mx - 2xx$$

$$yy = 2mx - xx$$

ſeu $xx - 2mx = -yy$

$$x^2 - 2mx + m^2 = m^2 - yy$$

$$x - m = \sqrt{(m^2 - y^2)}$$

$$m - x$$

$$x = m + \sqrt{(m^2 - y^2)}$$

Dato itaque valore ipſius x, datur vertex hyperbolæ æquilateræ, datur etiam parameter $a = 2m - 2x$, conſequenter hyperbola deſcribi poteſt (§. 472 *part. I.*)

COROLLARIUM 3.

59. Quoniam pro circulo $ax - x^2 = y^2$ eodem, quo ante, modo reperitur $a = 2y^2 : v + 2x$ ſeu, ſi fiat $y^2 : v = m$, $a = 2m + 2x$, & $x = \sqrt{(mm + yy)} - m$.

COROLLARIUM 4.

60. Si curva AMO ellipſis primi generis; erit (§. 421 *part. I.*)

$$y^2 = bx - bx^2 : a$$

$$2ydy = bdx - 2bxdx : a$$

$$dy = (abdx - 2bxdx) : 2ay$$

Quodſi in æquatione $vdy = ydx$ ſubſtituatur valor modo inventus, prodibit

$$abv - 2bvx = 2ay^2$$

$$b = 2ay^2 : (av - 2vx)$$

Ex natura curvæ eſt

$$b = ay^2 : (ax - xx)$$

Unde $\frac{2ay^2}{av - 2vx} = \frac{ay^2}{ax - xx}$

$$2ax - 2xx = av - 2vx$$

$$-\tfrac{1}{2}av = xx - ax - vx$$

Si fiat $a - v = 2m$

erit $m^2 - \tfrac{1}{2}av = xx - 2mx + mm$

$$\sqrt{(m^2 - \tfrac{1}{2}av)} = x - m$$

$$m - x$$

$$m \pm \sqrt{(m^2 - \tfrac{1}{2}av)} = x$$

Quoniam ipſius a ſeu axis transverſi nullus valor erui poteſt; pro arbitrio aſſumi debet. Quodſi minor fuerit quam v; erit $x = m \pm \sqrt{(m^2 - \tfrac{1}{2}av)}$.

CAPUT III.

DE USU CALCULI DIFFERENTIALIS IN METHODO DE MAXIMIS ET MINIMIS.

DEFINITIO 4.

61. Si ſemiordinatæ alicujus curvæ usque ad certum terminum continuo creſcunt vel decreſcunt, quem prætergreſſæ denuo decreſcunt vel creſcunt; methodus, per quam determinatur earum maxima vel minima, dicitur *Methodus de maximis & minimis.*

SCHOLION.

62. *Poteſt vero hac methodus etiam ad determinandas quantitates alias, quæ ad certum aliquem terminum creſcunt vel decreſcunt, adhiberi. Sed repræſentandæ ſunt per curvarum ſemiordinatas, ut exempla inferius adducenda loquuntur.*

PROBLEMA 13.

63. *Determinare maximam vel minimam applicatam in curva algebraica.* Tab. I. Fig. 10. 11.

RESOLUTIO.

Quoniam in curvis maximum vel minimum habentibus tangens TM degenerat tandem in DE & axi parallelus evadit, adeoque normalis MH coincidit cum maxima vel minima applicata CG; erit in caſu maximi vel minimi ſubtangens TP infinita atque ſubnormalis PH nihilo æqualis. Eſt vero $PH = ydy : dx$. Quodſi ergo ponatur $ydy : dx = 0$; reperietur $dy = 0$ & ob PT=

Digitized by Google

$PT = ydx : dy = \infty$ (quæ eſt nota infinitatis) $dx = \infty$.

Tab. I. Fig. 12. Fieri poteſt, ut tangens HG in directum jaceat ſemiordinatæ GC: quo in caſu ſubtangens PT nihilo æquatur & ſubnormalis PH fit infinita. Eſt vero $PT = ydx : dy = 0$ (§.20.) quare ſi ponatur $ydx : dy = 0$ habebimus $dx = 0$. Vel ob $PH = ydy : dx = \infty$ reperitur $dy = \infty$. Sunt nimirum tam dx, quam y intuitu dy infiniteſimæ.

Ex æquatione itaque curvæ quærendus eſt valor ipſius dy, & vel nihilo, vel infinito æquandus, ut habeatur valor abſciſſæ, cui maxima applicata coordinatur.

COROLLARIUM 1.

64. Quoniam in circulo (§.377. part. 1)

$$ax - xx = y^2$$

erit

$$adx - 2xdx = 2ydy$$

$$(adx - 2xdx) : 2y = dy = 0$$

$$a - 2x = 0$$

$$a = 2x$$

$$\tfrac{1}{2}a = x$$

Nempe maxima ſemiordinata in circulo eſt igitur ex centro, uti ex elementis conſtat (§. 299. *Geom.*).

Quodſi porro valor ipſius x in æquatione $ax - xx = y^2$ ſubſtituatur; prodibit $\tfrac{1}{2}aa - \tfrac{1}{4}aa = yy$, hoc eſt, $\tfrac{1}{4}aa = yy$. Unde $\tfrac{1}{2}a = y$: id quod denuo ex Elementis manifeſtum eſt.

Quodſi ponamus $2ydy : (a - 2x) = \infty$: erit $a - 2x$ reſpectu numeratoris $2ydy$ infinite parva, adeoque (§. 3) $a - 2x = 0$, ut ante.

COROLLARIUM 2.

65. Pro infinitis circulis (§. 24.)

$$max^{m-1}dx - (m-1)x^m dx = (m+1)y^m dy = 0$$

$$max^{m-1} = (m-1)x^m$$

$$\overline{\qquad\qquad} (m-1)x^{m-1}$$

$$ma : (m-1) = x$$

E. gr. ſit $m = 3$ ſeu æquatio ad circulum tertii generis $y^4 = ax^3 - x^4$; erit $x = \tfrac{3}{4}a$, conſequenter $y^4 = \tfrac{27}{64}a^4 - \tfrac{81}{256}a^4 = \tfrac{108}{256}a^4 - \tfrac{81}{256}a^4 = \tfrac{27}{256}a^4$. Unde $y = \tfrac{1}{4}a\sqrt[4]{27}$.

COROLLARIUM 3.

66. Pro ellipſibus infinitis (§. 26.)

$$(m+n)ay^{m+n-1}dy = mbx^{n-1}(a-x)^n dx - nbx^m(a-x)^{n-1}dx = 0$$

$$mbx^{n-1}(a-x)^n = nbx^m(a-x)^{n-1}$$

$$ma - mx = nx$$

$$ma = mx + nx$$

$$ma : (m+n) = x.$$

Sit e. gr. ellipſis primi generis; erit $m = 1$ & $n = 1$, adeoque $x = \tfrac{1}{2}a$, & ob $y^2 = bx - bxx : a$ (§. 421. part. 1), $y^2 = \tfrac{1}{2}ab - \tfrac{1}{4}ab = \tfrac{1}{4}ab$. Unde $y = \sqrt{\tfrac{1}{4}ab}$.

COROLLARIUM 4.

67\. Si $x^3+y^3=axy$

erit $3x^2dx+3y^2dy=axdy+aydx$

$$3x^2dx-aydx=axdy-3y^2dy=0$$

$$3x^2=ay$$

$$3x^2:a=y$$
$$27x^6:a^3=y^3$$

$$x^3+27x^6:a^3=3x^3$$

$$27x^6=2a^3x^3$$

$$27x^3=2a^3$$

$$3x=a\sqrt[3]{2}$$

$$x=\tfrac{1}{3}a\sqrt[3]{2}$$

Porro

$$y=3x^2:a$$
$$=\tfrac{3}{9}a\sqrt[3]{4}$$
$$=\tfrac{1}{3}a\sqrt[3]{4}$$

COROLLARIUM 5.

68\. Sit $y-a=a^{1:3}(a-x)^{2:3}$

erit $dy=-2a^{1:3}dx:3(a-x)^{1:3}$

Quodſi hic valor ipſius dy ponatur nihilo æqualis; erit $-2a^{1:3}=0$. Quamobrem cum nullus valor ipſius x inde eruatur; ponatur

$$-2a^{1:3}:3(a-x)^{1:3}=\infty$$

erit ob denominatorem reſpectu numeratoris infinite parvum (§. 3)

$$3(a-x)^{1:3}=0$$

$$a-x=0$$

$$a=x$$

Unde $y-a=a^{1:3}(a-x)^{2:3}=a^{1:3}.0=0$, adeoque $y-a=0$

$$y=a.$$

COROLLARIUM 6.

69\. Sit $y^5=a^2x^3-x^5+b^2c^2x$

erit $5y^4dy=3a^2x^2dx-5x^4dx+b^2c^2(dx=0$

$$3a^2x^2-5x^4+b^2c^2=0$$

$$5x^4-3a^2x^2=-b^2c^2$$

$$x^4-\tfrac{3}{5}a^2x^2=-\tfrac{1}{5}b^2c^2$$
$$\tfrac{9}{25}a^4 \qquad \tfrac{9}{25}a^4$$

$$x^4-\tfrac{3}{5}a^2x^2+\tfrac{9}{25}a^4=\tfrac{9}{25}a^4-\tfrac{1}{5}b^2c^2$$

$$x^2-\tfrac{3}{5}a^2=\sqrt{(\tfrac{9}{25}a^4-\tfrac{1}{5}b^2c^2)}$$
$$\tfrac{3}{5}a^2-x^2$$

$$x^2=\tfrac{3}{5}a^2\pm\sqrt{(\tfrac{9}{25}a^4-\tfrac{1}{5}b^2c^2)}$$

$$x=\sqrt{(\tfrac{3}{5}a^2+\sqrt{(\tfrac{9}{25}a^4-\tfrac{1}{5}b^2c^2)}}$$

Fiat

Fiat $x=m$

erit $y^5=a^2m^3-m^5+b^2c^2m$

$y=\sqrt[5]{(a^2m^3-m^5+b^2c^2m)}$

COROLLARIUM 7.

70. Sit $b^2x^2+a^4=cxy^2+x^3y$

erit $2b^2xdx=2cxydy+cy^2dx+(3x^2ydx+x^3dy$

$2b^2xdx-cy^2dx-3x^2ydx=2cxy(dy+x^3dy=0$

$2b^2x-cy^2-3x^2y=0$

$2b^2x=cy^2+3x^2y$ $\quad x$

$2b^2x^2=cxy^2+3x^3y$

$b^2x^2=cxy^2+x^3y-a^4$

$b^2x^2=2x^3y+a^4$

$b^2x^2-a^4=2x^3y$

$\frac{b^2x^2-a^4}{2x^3}=y$

$\frac{b^4x^4-2a^4b^2x^2+a^8}{4x^6}=y^2$

$\frac{b^4cx^4-2a^4b^2cx^2+a^8c}{4x^6}=cy^2$

$\frac{3b^2x^2-3a^4}{2x}=3x^2y$

adeoque ob

$2b^2x-cy^2-3x^2y=0$

$2b^2x-\frac{b^4cx^4+2a^4b^2cx^2-a^8c}{4x^6}-\frac{3}{2}b^2(x+\frac{3a^4}{2x}=0$

h.e. $\frac{1}{2}b^2x-\frac{b^4cx^4+2a^4b^2cx^2-a^8c+}{4x^6}(\frac{3a^4}{2x}=0$

$2b^2x^7+6a^4x^5-b^4cx^4+2a^4b^2cx^2(-a^8c=0$

$x^7+\frac{3a^4}{b^2}x^5-\frac{1}{2}b^2cx^4+a^4cx^2-\frac{a^8c}{2b^2}=0$

quæ eſt æquatio exprimens valorem ipſius x, ſeu abſciſſæ ſemiordinatæ maximæ reſpondentis.

PROBLEMA 14.

71. *Ex dato puncto* R *in axe* AX Tab.
curvæ algebraicæ ducere ad peri- I.
metrum curvæ rectam MR, *quæ ſit* Fig.
minima omnium ex eodem puncto R 13.
ducendarum.

RESOLUTIO.

Sit AP$=x$, PM$=y$, AR$=c$, erit PR$=c-x$ & ob PM$^2+$PR$^2=$MR^2 (§.417. *Geom.*), MR$^2=c^2-2cx+x^2+y^2$. Concipiamus ergo curvam, cujus applicata ſit MR (§. 62) erit

c^2-

$$c^2 - 2cx + x^2 + y^2 = z^2$$

$$-2cdx + 2xdx + 2ydy = 2zdz = 0$$

$$ydy + xdx - cdx = 0.$$

Quodſi ex æquatione ad curvam algebraicam data pro ydy ſubſtituatur valor ejus; valorem ipſius x eruere licet.

COROLLARIUM. 1.

72. In parabola (§. 21.)

$$\tfrac{1}{2}adx = ydy$$

Ergo $\tfrac{1}{2}adx + xdx - cdx = 0$

$$x = c - \tfrac{1}{2}a \text{ \& } \tfrac{1}{2}a = c - x$$

Hinc $ax = ac - \tfrac{1}{2}aa = y^2$ & $[c-x]^2 + y^2 = \tfrac{1}{4}aa + ac - \tfrac{1}{2}aa = ac - \tfrac{1}{4}aa = z^2$ Unde $MR = z = \sqrt{[ac - \tfrac{1}{4}aa]}$. Eſt adeo $MR^2 : PM^2 = ac - \tfrac{1}{4}aa : ac - \tfrac{1}{2}aa = c - \tfrac{1}{4}a : c - \tfrac{1}{2}a$.

Quia $PR = c - x = \tfrac{1}{2}a$, evidens eſt PR eſſ. ſubnormalem (§. 36), conſequenter MR normalem, unde patet

Theorema. Perpendicularis ad parabolam eſt minima, quæ ex dato in axe puncto ad eam duci poteſt.

COROLLARIUM. 2.

73. In hyperbola æquilatera [§. 505. part. 1.]

$$ax + xx = y^2$$

$$adx + 2xdx = 2ydy$$

$$\tfrac{1}{2}adx + xdx = ydy$$

Quare $\tfrac{1}{2}adx + xdx + xdx - cdx = 0$ (§. 71)

$$2x = c - \tfrac{1}{2}a$$

$$x = \tfrac{1}{2}c - \tfrac{1}{4}a$$

Sive $PR = c - x = \tfrac{1}{2}c + \tfrac{1}{4}a$

Quoniam ſubnormalis reperitur $x + \tfrac{1}{2}a$ (§. 35.), $PR = c - x = \tfrac{1}{2}c + \tfrac{1}{4}a$ eſt denuo ſubnormalis, conſequenter &c.

Theorema. In hyperbola æquilatera normalis eſt breviſſima omnium rectarum, quæ ex dato in axe puncto ad eam duci poſſunt.

COROLLARIUM 3.

74. In ellipſi primi generis eſt [§. 420 part. 1.]

$$ay^2 = abx - bx^2$$

$$2aydy = abdx - 2bxdx$$

$$ydy = [abdx - 2bxdx] : 2a$$

Quare $\tfrac{1}{2}bdx - bxdx : a + xdx - cdx = 0$

$$\tfrac{1}{2}b - c - bx : a + x = 0$$

$$x - \frac{bx}{a} = c - \tfrac{1}{2}b$$

$$ax - bx = ac - \tfrac{1}{2}ab$$

$$x = [ac - \tfrac{1}{2}ab] : [a - b]$$

$$c - x = (\tfrac{1}{2}ab - bc) : (a - b).$$

Cum ſubnormalis reperiatur $\tfrac{1}{2}b - bx : a$ (§. 35), erit $PR = c - x = \tfrac{1}{2}b - (bc + \tfrac{1}{2}bb) :$ $(\tfrac{1}{2}ab$

$(\frac{1}{2}ab-bc):(a-b)$, ut adeo PR denuo ſit ſubnormalis, conſequenter &

Theorema. In ellipſi normalis ſit linea recta breviſſima, quæ ex dato in axe puncto ad eam duci poteſt.

COROLLARIUM 4.

75. Eodem modo in hyperbola ſcalena reperitur $x=(ac-\frac{1}{2}ab):(a+b)$.

COROLLARIUM 5.

76. Quoniam $ydy+xdx-cdx=0$ (§ 71)

$$ydx=cdx-xdx$$

$$\frac{ydy}{dx}=c-x=PR$$

Eſt adeo PR ſubnormalis (§. 35), atque adeo patet generale

Theorema: In omni curva perpendicularis eſt linea recta bervíſſima, quæ ex dato puncto in axe ad eam duci poteſt.

PROBLEMA 15.

Tab. I. Fig. 14. 77. *A puncto C extra curvam algebraicam dato ducere rectam C M, quæ ſit minima omnium ex eodem puncto C ad curvam ducendarum.*

RESOLUTIO.

Ob punctum C datum datur quoque perpendicularis ad axem CD, itemque AD. Sit $AD=p$, $CD=q$, $AP=x$, $PM=y$; erit $MH=AP-AD=x-p$ & $CH=CD-PM=q-y$, conſequenter $MC^2=CH^2+HM^2=q^2-2qy+yy+x^2-2px+pp$. Cum adeo MC^2 ſit minimum quoddam; erit ejus differentiale nihilo æquale (§. 63.) hoc eſt, $-2qdy+2ydy+2xdx-2pdx=0$

ſeu $(y-q)dy+(x-p)dx=0$.

Reliqua peragenda ſunt ut in problemate præcedente (§. 71).

COROLLARIUM. 1.

78. Si curva AMO fuerit parabola primi generis; erit

$$ax=y^2$$

$$adx=2ydy$$

$$dx=2ydy:a$$

Unde $y-q+[x-p]2y:a=0$

$$ay-aq+2xy-2py=0$$

$$ay-aq+2y^3:a-2py=0$$

$$aay-aaq+2y^3-2apy=0$$

h. e. $y^3+\frac{1}{2}a^2y-\frac{1}{2}aaq=0$
$\quad\quad -apy$

Quodſi hæc æquatio ope parabolæ datæ atque circuli conſtruatur (§. 622. *part. 1.*); una eademque opera determinantur & A P & PM, & punctum M. Nimirum (*vi* §. *cit.*) fieri debet $AL=\frac{1}{2}a-\frac{1}{4}a+\frac{1}{2}p=\frac{1}{4}a+\frac{1}{2}p$ & $IL=\frac{1}{4}q$, atque centro C per verticem parabolæ A deſcribendus eſt circulus, qui eam in puncto deſiderato M ſecabit. Erit autem $AL=\frac{1}{4}a+\frac{1}{2}p$; ſi ex A in G transferatur $\frac{1}{2}a$ & DG bifariam ſecetur in L. Nam $AD=p$, adeoque

$DG = \frac{1}{2}a - p$. Ergo $DL = \frac{1}{4}a - \frac{1}{2}p$, conſequenter $AL = \frac{1}{4}a - p + \frac{1}{2}p = \frac{1}{4}a + \frac{1}{2}p$. His factis $AP = x$, $PM = y$. Etenim ex natura parabolæ $AP = y^2 : a$, adeoque $LP = IR = y^2 : a - \frac{1}{4}a + \frac{1}{4}p$, conſequenter $IR^2 = y^4 : a^2 - \frac{1}{2}y^2 + \frac{1}{16}a^2 - py^2 : a + \frac{1}{4}ap + \frac{1}{4}p^2$. Porro $MR = y - \frac{1}{4}q$, adeoque $MR^2 = y^2 - \frac{1}{2}qy + \frac{1}{16}p^2$. Habemus itaque (§. 417 *Geom.*) $MI^2 = IR^2 + MR^2 = y^4 : a^2 + \frac{1}{2}y^2 + \frac{1}{16}a^2 - py^2 : a + \frac{1}{4}ap + \frac{1}{4}p^2 - \frac{1}{2}qy + \frac{1}{16}q^2$. Eſt vero $MI^2 = AI^2 = IL^2 + LA^2 = \frac{1}{16}a^2 + \frac{1}{4}ap + \frac{1}{4}p^2 + \frac{1}{16}q^2$. Quare

$$\frac{y^4}{a^2} + \frac{1}{2}y^2 - \frac{1}{2}qy = 0$$
$$-\frac{py^2}{a}$$

$$y^4 + \frac{1}{2}a^2y^2 - \frac{1}{2}a^2qy = 0$$
$$-apy^2$$

$$y^3 + \frac{1}{2}a^2y - \frac{1}{2}a^2q = 0$$
$$-apy$$

quæ eſt æquatio ad conſtruendum propoſita.

COROLLARIUM. 2.

79. Quoniam (§. 77)

$$(y-q)\,dy + (x-p)\,dx = 0$$

erit

$$(x-p)\,dx = (q-y)\,dy$$

$$\frac{(x-p)y}{q-y} = \frac{ydy}{dx}$$

Jam porro (§. 268 *Geom.*)

$$CH : MH = CD : DR$$
$$q-y : x-p = q :$$

adeoque $DR = \frac{qx-pq}{q-y}$, conſequenter ob $DP = x - p$, $PR = \frac{qx-pq}{q-y} - x + p = (qx - pq - qx + pq + xy - py) : (q-y) = (x-p)y : (q-y)$. Eſt adeo $DR = ydy : dx$ ſubnormalis (§. 35). Patet adeo denuo generale

Theorema. In omni curva AMO linea ad eam perpendicularis eſt breviſſima omnium, quæ ex dato extra eam puncto C ad eam duci poſſunt.

SCHOLION.

80. *Ex allato exemplo liquet, ſi problema non fuerit planum, conſultius eſſe ut in expreſſione generali valor potius ipſius* dx, *quam* dy *ſubſtituatur. Nec abſimili modo in curvis algebraicis determinatur punctum intra earum ambitum datum, a quo ad earum perimetros ducantur rectæ minimæ: quemadmodum ex ſequente problemate patet.*

PROBLEMA 16.

81. *A puncto* C *intra curvam algebraicam dato ducere rectam* CM, *quæ ſit minima omnium ex eodem puncto* C *ad curvam ducendarum.* Tab. IV. Fig. 44.

Sit $AD = p$, $CD = q$, $AP = x$, $PM = y$, erit $HC = PD = p - x$ & $MH = y - q$, conſequenter $MC^2 = MH^2 + HC^2$ (§. 417 *Geom.*) $= y^2 - 2qy + q^2 +$

Digitized by Google

$q^2 + p^2 - 2px + x^2$. Cum MC^2 ſit minimum quoddam ex hypotheſi; erit ejus differentiale nihilo æquale (§. 63), hoc eſt, $2ydy - 2qdy - 2pdx + 2xdx = 0$, ſeu $(y-q)dy - dx(p-x) = 0$. Reliqua peragenda ſunt ut in problemate 14 (§. 71).

COROLLARIUM 1.

82. Quoniam $(y-q)dy = (p-x)dx$

erit $$\frac{dy}{dx} = \frac{p-x}{y-q}$$

$$\frac{ydy}{dx} = \frac{(p-x)y}{y-q} = \frac{HC.PM}{MH}$$

Quare cum ſit MH : HC = PM : PR (§. 268 *Geom.*); erit PR ſubnormalis (§. 35). Patet adeo denuo

Theorema. In omni curva AMO linea normalis eſt breviſſima, quæ a dato intra eam puncto C ad eam duci poteſt.

COROLLARIUM. 2.

83. Linea itaque ad curvam normalis eſt breviſſima omnium, quæ a dato quocunque in eodem plano puncto ad eam duci poteſt (§. 76. 79. 82).

PROBLEMA 17.

Tab. II. 84. *Lineam rectam* AB *ita ſecare in* D, *ut rectangulum ex* AD *&* DB *ſit maximum eorum, quæ hac ratione conſtrui poſſunt.* Fig. 15.

Sit AB=a, AD=x, erit DB=a−x, conſequenter AD.DB = ax − xx maximum aliquod, atque hinc [§. 63] ejus differentiale nihilo æquale: concipitur nempe eſſe ad circulum, ad quem

$$ax - xx = yy$$

Quare $$adx - 2xdx = 2ydy = 0$$

$$a - 2x = 0$$

$$\tfrac{1}{2}a = x$$

Linea igitur AB eſt ſecanda in duas partes æquales, eſtque quadratum omnium rectangulorum maximum, quorum altitudines & baſes junctim ſumtæ inter ſe æquantur.

PROBLEMA 18.

85. *Lineam rectam* AB *ita ſecare in* D, *ut* $AD^m.DB^n$ *ſit maximum factorum ſimili modo formatorum.*

Sit denuo AB=a, AD=x, erit DB=a−x, conſequenter $AD^m.DB^n = x^m(a-x)^n$. Erit igitur x abſciſſa reſpondens ſemiordinatæ maximæ in infinitis circulis, ad quos $x^m(a-x)^n = y^{m+n}$ (§. 517. *part. 1.*) & hinc (§. 63)

$$mx^{m-1}(a-x)^n dx - nx^m(a-x)^{n-1}dx = 0$$

$$mx^{m-1}(a-x)^n = nx^m(a-x)^{n-1}$$

$$m(a-x) = nx$$

$$ma = mx + nx$$

$$ma:(m+n) = x$$

Sit e. gr. $m=2$, $n=1$, erit $x=\frac{2}{3}a$, hoc eſt, ſi recta $AD=\frac{1}{3}a$ & $BD=\frac{2}{3}a$, atque BD ſumatur pro altitudine priſmatis, AD pro latere quadrati, quod eſt baſis ejusdem; erit priſma omnium maximum eorum, quæ ex diviſione rectæ AB in duas partes formari poſſunt.

PROBLEMA 19.

Tab. II. Fig. 16. 86. *Super recta AB tanquam hypothenuſa triangulum rectangulum maximum conſtruere.*

Sit $AB=a$, $AC=x$, erit (§. 417 Geom.) $BC=\surd(aa-xx)$, area (§. 392. Geom.) $=\frac{1}{2}AC.CB=\frac{1}{2}x\surd(aa-xx)$. Habemus adeo æquationem ad curvam quarti generis

$$x\surd(aa-xx)=2y^2$$

ſeu $aaxx-x^4=4y^4$

Unde $2a^2x\,dx-4x^3dx=16y^3dy=0$

$$2a^2x^2=4x^3 \quad -4x^3$$

$$\tfrac{1}{2}a^2=x^2$$

$$\surd\tfrac{1}{2}a^2=x$$

Patet adeo triangulum maximum eſſe æquicrurum. Nam ſi $AB^2=aa$ & $AC^2=\frac{1}{2}aa$, erit etiam $CB^2=\frac{1}{2}aa$, conſequenter $AC=CB$.

PROBLEMA 20.

87. *Inter omnes Conos æquales determinare eum, qui maximam habet ſuperficiem.* Tab. II Fig. 17.

Sit ſoliditas conorum æqualium a^3, ratio radii ad peripheriam $r:p$, radius Coni $AC=x$; erit $r:p=x:px$. Hæc peripheria baſis $px:r$ ducta in $\frac{1}{2}x$ dat baſin Coni $px^2:2r$ (§. 429 Geom.): per quam ſi dividatur a^3, habetur $\frac{1}{3}DC=2a^3r:px^2$ (§. 548 Geom.). Unde $DC=6a^3r:px^2$ &

$$DC^2=36a^6r^2:p^2x^4$$
$$AC^2=\quad x^2$$

$$AD^2=x^2+36a^6r^2:p^2x^4 \quad \text{(§. 417 Geom.)}$$

$$AD=\surd(p^2x^6+36a^6r^2):px^2$$

$\frac{1}{2}$peripheria Baſ. $px:2r$

Superf. Coni $\surd(p^2x^6+36a^6r^2):2rx$ (§. 548 Geom.)

Habemus itaque vi methodi de maximis & minimis (§. 63.)

$$(p^2x^6+36a^6r^2):4r^2x^2=y^2$$

h. e. $p^2x^4:4r^2+9a^6:x^2=y^2$

$$4p^2x^3dx:4r^2-18a^6xdx:x^4=2y\,dy=0$$

$$p^2x^3dx:r^2-18a^6dx:x^3=0$$

$$p^2x^3:r^2=18a^6:x^3$$

$$p^2x^6=18a^6r^2$$

$$px^3=3a^3r\sqrt{2}$$

$$x^3=3a^3r\sqrt{2}:p$$

$$x=a\sqrt[3]{(3r\sqrt{2}:p)}$$

Quoniam $px^3=3a^3r\sqrt{2}:p$, erit $x^3:a^3=3r\sqrt{2}:1p$, conſequenter evidens eſt.

Theorema. Cubus radii Coni inter æquales maximam ſuperficiem habentis eſt ad ipſum Conum in ratione compoſita radii ad peripheriam & $3\sqrt{2}$ ad 1.

PROBLEMA 21.

88. *Sit* ADB *ſemirculus & curva* AMD *ejus naturæ, ut ſit* BP : PN = AP : PM; *determinare punctum* M, *in quo* MN *eſt maxima linea earum, quæ ſimili modo determinantur.*

Tab. IV. Fig. 45. Sit diameter ſemicirculi AB $=a$, AP $=x$; erit PB $=a-x$ & PN $=\sqrt{(ax-x^2)}$ (§. 327. 377 *Geom.*). Eſt vero *per hypoth.*

$$BP:PN=AP:PM$$

$$a-x:\sqrt{(ax-x^2)}=x:$$

adeoque $PM=\frac{x\sqrt{(ax-x^2)}}{a-x}=\frac{\sqrt{x^3}}{(\sqrt{a-x})}$, conſequenter $NM=PN-PM=\sqrt{(ax-x^2)}-\sqrt{x^3}:\sqrt{(a-x)}$ & hinc $MN^2=a^2x-2ax^2+2x^3-2\sqrt{(a^2x^4-2ax^5+x^6)}=($ob $\sqrt{a^2x^4-2ax^5+x^6}=ax^2-x^3), \frac{a^2x-4ax^2+4x^3}{a-x}$. Quare cum NM^2 ſit maximum aliquod erit (§. 63)

$$\frac{(a^2-8ax+12x^2)(a-x)dx+(a^2-4ax^2+4x^3)dx}{(a-x)^2}=0$$

$$(a^2-8ax+12x^2)(a-x)+a^2x-4ax^2+4x^3=0$$

h. e.
$$\begin{aligned}a^3-8a^2x+12ax^2 \quad\quad &=0\\ -a^2x+8ax^2-12x^3 &\\ +a^2x-4ax^2+4x^3 &\end{aligned}$$

$$a^3-8a^2x+16ax^2-8x^3=0 \qquad a-2x$$

$$a^2-6ax+4x^2=0$$

$$4x^2-6ax=-a^2 \qquad 4$$

$$x^2-\tfrac{3}{2}ax=-\tfrac{1}{4}a^2$$
$$\tfrac{9}{16}a^2=\tfrac{1}{4}a^2+\tfrac{5}{16}a^2$$

$$x^2-\tfrac{3}{2}ax+\tfrac{9}{16}a^2=\tfrac{5}{16}a^2$$

$$\tfrac{3}{4}a - x = \tfrac{1}{4}\sqrt{5a^2}$$

$$x = \tfrac{3}{4}a - \tfrac{1}{4}\sqrt{5a^2}$$

Dividatur radius CB bifariam in E, erit CE $= \frac{1}{4}a$, adeoque ob CD $= \frac{1}{2}a$ DE $= \sqrt{\frac{5}{16}a^2} = \frac{1}{4}\sqrt{5a^2}$. Fiat EP $=$ ED: erit PB $= \frac{1}{4}a + \frac{1}{4}\sqrt{5a^2}$, conſequenter AP $=$ AB $-$ PB $= \frac{3}{4}a - \frac{1}{4}\sqrt{5a^2}$.

PROBLEMA 22.

Tab. IV. Fig. 46.

89. *Determinare maximam applicatam* QN *in curva* AMND *ejus naturæ, ut ducta recta* FM *per punctum* D, *in quo recta* AE *lineam* CB *poſitione datam ſecat, ſit eidem* AE *conſtanter æqualis*

Sit FM $=$ AE $= a$, DE $= b$, EP $=$ MG $= x$, erit DP $= x - b$ & FG $= \sqrt{(a^2 - x^2)}$ (§. 417 *Geom.*). Jam cum anguli ad P & G ſint recti *per conſtruct.* & o $=$ u (§. 156 *Geom.*) & ob parallelas DE & MG (§. 256 *Geom*) o $= n$ (§. 233 *Geom.*), conſequenter $u = n$ (§ 77 *Geom.*). Quare $\triangle$FGM $\backsim$ $\triangle$PDM & ideo (§. 267 *Geom.*)

$$MG : GF = DP : PM$$

$$x : \sqrt{(a^2 - x^2)} = x - b :$$

adeoque PM $= \frac{x-b}{x}\sqrt{(a^2 - x^2)} = \left(1 - \frac{b}{x}\right)\sqrt{(a^2 - x^2)}$

Hinc $PM^2 = \left(1 - \frac{2b}{x} + \frac{b^2}{x^2}\right)(a^2 - x^2)$

$$= a^2 - \frac{2a^2b}{x} + \frac{a^2b^2}{x^2} - x^2 + 2bx - b^2$$

Habemus adeo (§. 63)

$$\frac{2a^2b\,dx}{x^2} - \frac{2a^2b^2\,dx}{x^3} - 2x\,dx + 2b\,dx = 0$$

$$\frac{a^2b}{x^2} - \frac{a^2b^2}{x^3} - x + b = 0 \qquad \cdot x^3$$

$$a^2bx - a^2b^2 - x^4 + bx^3 = 0 \qquad : x - b$$

$$a^2b - x^3 = 0$$

$$x^3 = a^2b$$

$$x = \sqrt[3]{a^2b}.$$

Parametro a circa axem EB deſcribatur parabola EIR (§. 400 *part. 1.*) fiatque (§. 222 *part. 1.*) EO $= \frac{1}{2}a$ & OK ad EB perpendicularis $= \frac{1}{2}b$. Ex centro K radio KE deſcribatur circulus EIT ſecans parabolam in I, erit IL ad EB perpendicularis ($=$EQ) $= x$, adeoque QN perperpendicularis ad AE tranſiens per I $= x$.

Eſt enim IS $=$ IL $-$ SL $= x - \frac{1}{2}b$ &, cum EL $= x^2 : a$ (§. 391 *part. 1.*) LO $=$ SK $= \frac{1}{2}a - x^2 : a$. Quare $SI^2 = x^2 - bx + \frac{1}{4}b^2$ & $SK^2 = \frac{1}{4}a^2 - x^2 + x^4 : a^2$, conſequenter $EK^2 = IK^2 = \frac{1}{4}a^2 + \frac{1}{4}b^2 - bx + x^4 : a^2$. Unde ob $EK^2 = \frac{1}{4}a^2 + \frac{1}{4}b^2$

habe-

habetur $x^4 : a^2 - bx = 0$, adeoque $x^3 - a^2 b = 0$.

PROBLEMA 23.

Tab. IV. Fig. 46. 90. *Determinare maximam applicatam* PM *curvæ* AME *ejus naturæ, ut diameter circuli* ANB *ſit axi* AE *& rectæ per* A *ductæ* MN *in quolibet curvæ puncto* M *æqualis,*

Sit MN = AB = AE = a, AM = x, PM = y, erit AN = $a - x$. Jam cum AB & PM ſint ad AE perpendiculares *per hypoth.* erunt eædem inter ſe parallelæ (*§.* 256 *Geom.*). Quare cum porro angulus ad P rectus ſit (§. 78 *Geom.*) & ANB, qui eſt in ſemicirculo, ſit itidem rectus (*§.* 317 *Geom.*); erit △ AMP ∽ △ ANB (*§.* 267 *Geom.*) &

$$\text{PM} : \text{AM} = \text{AN} : \text{AB}$$
$$y : x = a - x : a$$

$$ay = ax - x^2$$

$$ady = adx - 2xdx = 0$$

$$a - 2x = 0$$

$$a = 2x$$

$$\tfrac{1}{2}a = x$$

Hinc porro $ay = x - \frac{x^2}{a}$

$$= \tfrac{1}{2}a - \tfrac{1}{4}a$$
$$= \tfrac{1}{4}a$$

Eſt igitur in caſu applicatæ maximæ AM = ML = $\frac{1}{2}a$: unde reperitur AP = $\frac{1}{4}\sqrt{3a^2}$ (*§.* 417. *Geom.*)

SECTIO II.

DE CALCULO INTEGRALI SEU SUMMATORIO.

CAPUT I.

DE NATURA CALCULI INTEGRALIS.

DEFINITIO 5.

91. Calculus integralis *ſeu Summatorius* eſt methodus quantitates differentiales ſummandi, hoc eſt, ex quantitate differentiali data inveniendi eam, ex cujus

cujus differentiatione reſultat differentiale datum.

COROLLARIUM.

92. Integrationis itaque ſeu ſummationis rite peractæ indicium eſt, ſi quantitas inventa juxta regulas Cap. I. Sect. I. traditas differentiata eam producit, quæ ad ſummandum proponebatur.

SCHOLION.

93. *Quoniam Angli differentialia quantitatum fluxiones vocant* (§ 6); *Calculum, quem nos differentialem dicimus,* Methodum fluxionum; *quem vero integralem vocamus & qui a differentiis ad ſummas, ſeu, ut cum Anglis loquar, a fluxionibus ad quantitates fluentes (ita nimirum variabiles dicunt) aſcendit,* Methodum fluxionum inverſam *appellant.*

HYPOTHESIS.

94. *Signum ſummæ aut quantitatis integralis ſit* ſ, *ita ut* ſ y d x *denotet ſummam ſeu integrale differentialis* y d x.

PROBLEMA 24.

95. *Quantitatem differentialem integrare ſeu ſummare.*

RESOLUTIO.

Ex ſuperioribus manifeſtum eſt, quod ſit

I. $\int dx = x$ (§. 8).

II. $\int (dx \mp dy) = x \mp y$ (§. 11).

III. $\int (xdy + ydx) = xy$ (§. 12).

IV. $\int mx^{m-1}dx = x^m$ (§. 13).

V. $\int (n:m) x^{(n-m):m} dx = x^{n:m}$ (§. 17).

VI $\int (ydx - xdy):y^2 = x:y$ (§. 19).

Ex his caſus quartus & quintus frequentius occurrunt in quibus quantitas differentialis ſummatur, ſi exponenti variabilis unitas additur, & ea, quæ prodit, dividitur per novum exponentem ductum in differentiale radicis e. gr. in caſu quarto per $(m-1+1)dx$, hoc eſt, per mdx.

Quodſi quantitas differentialis ad ſummandum propoſita nulli illarum formularum ſimilis; aut reducenda eſt ad ſummabilem finitam, aut ad ſeriem infinitam cujus ſinguli termini ſummari poſſunt, vel etiam ad quadraturas & rectificationes Curvarum ſimpliciorum, quæ quadrari vel rectificari nondum poſſunt, veluti ad Quadraturam Circuli, vel rectificationem arcus circuli: quas reductiones exemplis potius, quam regulis docemus, ne calculi tyronibus nauſeam moveamus.

Et quia eadem differentialia prodeunt, ſi variabilibus conſtantes quantitates adjiciantur, quam ſi eadem abſuerint (§. 10); itaque fieri

fieri poteſt, ut $\int dx$ ſit $x \mp a$ vel $x-a$, $\int(xdy+ydx) = xy \mp a^2$, vel $xy \mp ab$, & ita porro. Sed quid de quantitate adjicienda tenendum ſit, docebitur paulo poſt.

SCHOLION.

96. *Quemadmodum in analyſi finitorum qualibet quantitas ad quemcunque dignitatis gradum evehi, ſed non vice verſa ex qualibet radix extrahi poteſt deſiderata; ita ſimiliter in analyſi infiniteſimali quantitas qualibet variabilis aut ex variabilibus & conſtantibus quomodocunque compoſita haud difficulter differentiatur, ſed non vice verſa quodlibet differentiale integrari poteſt. Quemadmodum autem porro in analyſi finitorum non ex omnibus æquationibus radices extrahendi methodus hactenus inventa, neque enim ætas noſtra tranſcendit limites ultra ſeculum & quod excurrit Algebræ jam aſſignatos: ita ſimiliter in analyſi infinitorum calculus integralis ſuam perfectionem nondum eſt aſſecutus. Sicuti autem in analyſi finitorum ad methodos extrahendi radicem per approximationem recurrimus, ubi perfectam extrahere non datur; ita ſimiliter in analyſi infinitorum ad ſeries infinitas confugimus, ubi perfectam ſummationem dare non valemus.*

CAPUT II.

DE USU CALCULI INTEGRALIS IN QVADRATURIS CURVARUM.

DEFINITIO 6.

Tab. I. Fig. 2. 97. *Differentiale ſeu elementum areæ dicitur rectangulum* PMRP *ex ſemiordinata* PM *in differentiale abſciſſæ* Pp.

COROLLARIUM 1.

98. Si ergo ſemiordinata PM $= y$, abſciſſa AP $= x$, erit Pp $=$ MR $= dx$, conſequenter Elementum areæ PM. MR $= ydx$.

COROLLARIUM. 2.

99. Quoniam mR $= dy$ & MR $= dx$; erit ΔMR$m = \frac{1}{2}dxdy$ (§. 391 *Geom.*). Sed $\frac{1}{2}dxdy$ eſt ipſius ydx infiniteſima (§. 2.), conſequenter trapezium PMmp æquale eſt rectangulo PMRp in præſente nimirum caſu, ubi pm ipſi PM infinite propinqua intelligitur (§. 4.). Quare cum area AMP in infinita iſtiusmodi trapezia reſolvi poſſit; erit ea $\int ydx$ (§. 91. 94.).

COROLLARIUM 3.

100. Quodſi itaque ex æquatione ad curvam datam ſubſtituatur valor ipſius y, & ydx integrabile evadat; integratione peracta

peracta habetur quadratura curvæ. Curvam igitur quadrare idem eſt ac ſummare ydx.

PROBLEMA 25.

101. *Invenire aream trianguli.*

Tab. II. Fig. 18. Sit $CP=x$, $MN=y$, $CD=a$, $AB=b$; erit ob MN ipſi AB parallelam, (§. 268. 396. *Geom.*)

$$CP:MN=CD:AB$$

$$x : y = a : b$$

$$y = bx:a$$

Ergo elementum $MNmn=ydx$ (§. 98) $=bxdx : a$. Unde habetur $\int ydx=bx^2:2a$ (§. *cit.*): quæ eſt area indefinita CMN. Quodſi pro CP ſeu x ſubſtituatur CD ſeu a; prodibit area totius trianguli $ACB = ba^2:2a = \frac{1}{2}ab = \frac{1}{2}AB.CD$, prorſus ut in Elementis Geometriæ (§. 392) demonſtratum.

SCHOLION.

102. *Hoc exemplum ideo attulimus, ut tyrones, quibus principia calculi ſummatorii ſub initium duriora videntur, intelligant, per eum non alia reperiri, niſi quæ demonſtrationibus rigidis firmantur; tum ut methodi applicationem in exemplo obvio facilius perſpiciant.*

PROBLEMA 26.

103. *Parabolam quadrare.*

Pro parabola Apolloniana (§. 388. *part. 1.*)

$$ax = y^2$$

$$a^{1:2}x^{1:2}=y$$

$$ydx = a^{1:2}x^{1:2}dx$$

$\int ydx = \frac{2}{3}a^{1:2}x^{3:2} = \frac{2}{3}xy$, ſubſtituto valore ipſius $a^{1:2}x^{1:2}$.

COROLLARIUM.

104. Eſt ergo ſpatium parabolicum ad rectangulum ex ſemiordinata in abſciſſam ut $\frac{2}{3}xy$ ad xy, hoc eſt, ut 2 ad 3 (§. 124. *part. 1.*).

PROBLEMA 27.

105. *Infinitas parabolas quadrare.*

Pro infinitis parabolis & curvis agnatis (§. 319 *part. 1*)

$$a^n x^m = y^r$$

$$a^{n:r}x^{m:r}=y$$

$$ydx = a^{n:r}x^{m:r}dx$$

$$\int ydx = \frac{r}{m+r}a^{n:r}x^{m:r+1} = \frac{r}{m+r}xy$$

ob $a^{n:r}x^{m:r}=y$.

COROLLARIUM.

106. Spatium parabolicum aut paraboloidicum quodcunque eſt ad rectangulum ex ſemiordinata in abſciſſam, ut $rxy : (m+r)$ ad xy, hoc eſt, ut r ad $m+r$ (§. 124 *part. 1.*).

Pro-

Digitized by Google

PROBLEMA 28.

Tab. II. Fig. 19. 107. *Quadrare ſegmentum ſpatii parabolici* PMNQ *inter duas ſemiordinatas* PM & QN *interceptum.*

I. Quoniam AP conſtans eſt & origo abſciſſæ indeterminatæ in P: ſit AP=b, PQ=x, QN=y, AQ=$b+x$. Sit porro parameter = a, erit (ſ. 388 *part. 1.*)

$$ab+ax=y^2$$

$$\sqrt{(ab+ax)}=y$$

$$ydx=dx\sqrt{(ab+ax)}$$

Ut hoc elementum integrabile reddatur; fiat

$$\sqrt{(ab+ax)}=v$$

erit $ab+ax=v^2$

$$adx=2vdv$$

$$dx=2vdv:a$$

$$ydx=2v^2dv:a$$

$$\int ydx=\tfrac{2}{3}v^3:a=\tfrac{2}{3}(ab+ax)\sqrt{(ab+ax)}:a=\tfrac{2}{3}(b+x)\sqrt{(ab+ax)}.$$

Quoniam in P $x=0$, & ſpatium quoque QNMP evaneſcit; ſi in integrali inventa ponatur $x=0$, quod relinquitur $\tfrac{2}{3}b\sqrt{ab}$, oſtendit quid ei adjiciendum vel demendum, ut ſpatium QNMP nihilum evadat in P, conſequenter ut integrale fiat quadratura ipſius QNMP. Habemus nempe in noſtro caſu ſubtrahendum $\tfrac{2}{3}b\sqrt{ab}$: unde ipſius QNMP area $=\tfrac{2}{3}(b+x)\sqrt{(ab+ax)}-\tfrac{2}{3}b\sqrt{ab}$.

II. Sit AQ conſtans, & $=b$, origo ipſius x in Q, erit QP=x, PM=y, AP=$b-x$ & (ſ. 351)

$$ab-ax=y^2$$

$$\sqrt{(ab-ax)}=y$$

$$ydx=dx\sqrt{(ab-ax)}$$

Fiat ut ante $ab-ax=v^2$

erit $-adx=2vdv$

$$dx=-2vdv:a$$

$$ydx=-2v^2dv:a$$

$$\int ydx=-\tfrac{2}{3}v^3:a=-\tfrac{2}{3}(b-x)\sqrt{(ab-ax)}$$

Ut intelligatur, quid integrali ſit adjiciendum, quo ſpatii PMNQ menſuram conſtituat; ponatur ut ante $x=0$, relinquetur $-\tfrac{2}{3}b\sqrt{ab}$. Unde manifeſtum eſt, ſi illi adjiciatur $+\tfrac{2}{3}b\sqrt{ab}$, haberi ſpatium PMNQ$=\tfrac{2}{3}\sqrt{ab}-\tfrac{2}{3}(b-x)\sqrt{(ab-ax)}$

SCHOLION.

108. *Spatium* PMNQ, *eſſe in caſu priore* $\frac{2}{3}(b+x)\sqrt{(ab+ax)}-\frac{2}{3}b\sqrt{ab}$, *in poſteriore* $\frac{2}{3}b\sqrt{ab}-\frac{2}{3}(b-x)\sqrt{(ab-ax)}$ *etiam ex problemate* 26 (§. 103) *manifeſtum eſt. Nimirum* PMNQ = ANQ − AMP. *Sed in caſu priore* AMQ = $\frac{2}{3}$ AQ.QN = $\frac{2}{3}(b+x)\sqrt{(ab+ax)}$, & AMP = $\frac{2}{3}$ AP.PM = $\frac{2}{3}b\sqrt{ab}$. *Unde* PMNQ = $\frac{2}{3}(b+x)\sqrt{(ab+ax)}-\frac{2}{3}b\sqrt{ab}$. *In poſteriore* ANQ = $\frac{2}{3}$AQ.QN = $\frac{2}{3}b\sqrt{ab}$ & AMP = $\frac{2}{3}$AP.PM = $\frac{2}{3}(b-x)\sqrt{(ab-ax)}$. *Unde* QNMP = $\frac{2}{3}b\sqrt{ab}-\frac{2}{3}(b-x)\sqrt{(ab-ax)}$.

COROLLARIUM.

109. Quodſi adeo curva non ſupponatur deſcripta, ſed tantum æquatio ad eam detur, ut adeo non conſtet, ubi origo ipſius x ſit ſtatuenda; evidens eſt, ex reſolutione problematis præſentis, quod in integrali poni debeat $x = 0$ & deletis iis, quæ per x multiplicantur, reſiduum, ſi quod fuerit, ſub ſigno contrario ipſi ſit adjiciendum, ut habeatur quadratura quæſita.

PROBLEMA 29.

110. *Quadrare curvam, ad quam* $xy^3=a^4$. Quoniam

$$y = a^{4:3}x^{-1:3}$$

erit $ydx = a^{4:3}x^{-1:3}dx$

$$\int ydx = \tfrac{3}{2}a^{4:3}x^{2:3} = \tfrac{3}{2}\sqrt[3]{a^4x^2} = \tfrac{3}{2}a\sqrt[3]{ax^2}.$$

PROBLEMA 30.

111. *Quadrare curvam* Carteſii (d), *ad quam* $b^2 : x^2 = b - x : y$.

Quoniam $b^2y = bx^2 - x^3$

erit $y = (bx^2 - x^3) : b^2$

$$ydx = (bx^2dx - x^3dx) : b^2$$

$$\int ydx = x^3 : 3b - x^4 : 4b^2$$

PROBLEMA 30.

112. *Quadrare curvam, ad quam* $x^5+ax^4+a^2x^3+a^3x^2+a^5=a^4y$.

Quoniam $y = x^5 : a^4 + x^4 : a^3 + x^3 : a^2 + x^2 : a + a$

erit $ydx = \left(\frac{x^5}{a^4}+\frac{x^4}{a^3}+\frac{x^3}{a^2}+\frac{x^2}{a}+a\right)dx$

$$\int ydy = \frac{x^6}{6a^4}+\frac{x^5}{5a^3}+\frac{x^4}{4a^2}+\frac{x^3}{3a}+ax$$

PROBLEMA 31.

113. *Quadrare curvam, ad quam* $y^2=x^4+a^2x^2$.

Quoniam $y = x\sqrt{(x^2+a^2)}$

erit $ydx = xdx\sqrt{(x^2+a^2)}$

Ut elementum integrabile reddatur, fiat

$$\sqrt{(x^2+a^2)} = v$$

erit

(d) Epiſt, Tom. 3. p. 219.

erit $x^2 + a^2 = v^2$:

$$2xdx = 2vdv$$

$$xdx = vdv$$

$$xdx\surd(a^2+x^2) = v^2dv$$

$\int ydx = \frac{1}{3}v^3 = \frac{1}{3}(x^2+a^2)\surd(x^2+a^2)$. Ponatur $x=0$, erit reſiduum $\frac{1}{3}a^2\surd a^2$ ſive $\frac{1}{3}a^3$. Ergo quadratura curvæ $\frac{1}{3}(x^2+a^2)\surd(x^2+a^2) - \frac{1}{3}a^3$ (§ 109).

PROBLEMA 32.

114. *Quadrare curvam, ad quam $y^2 = x^3 + ax^2$.*

Quoniam $y = x\surd(x+a)$

erit $ydx = xdx\surd(x+a)$

Ut elementum integrabile evadat, fiat

$$\surd(x+a) = v$$

erit $x+a = v^2$ & $x = v^2 - a$

$$dx = 2vdv$$

$$ydx = 2v^4dv - 2av^2dv$$

$\int ydx = \frac{2}{5}v^5 - \frac{2}{3}av^3 = \frac{2}{5}(x+a)^2\surd(x+a) - \frac{2}{3}a(x+a)\surd(x+a) = \frac{6}{15}[(x^2+2ax+aa) - \frac{10}{15}(ax+aa)](\surd x+a) = (6x^2+2ax-4aa)\surd(x+a):15$. Ponatur $x=0$; relinquetur $-\frac{4}{15}aa\surd a$. Area igitur curvæ $\frac{1}{15}\surd(x+a)(6x^2+2ax-4aa) + \frac{4}{15}aa\surd a$ (§. 109).

PROBLEMA 33.

115. *Quadrare curvam, ad quam $y^2 = x^2 : (x+a)$.*

Quoniam $y = x : \surd(x+a)$

erit $ydx = xdx : \surd(x+a)$

Ponatur $\surd(x+a) = v$

erit $x + a = v^2$

$$x = v^2 - a$$

$$dx = 2vdv$$

$xdx : \surd(x+a) = (2v^3dv - 2avdv) : v = 2v^2dv - 2adv$

$\int ydx = \frac{2}{3}v^3 - 2av = \frac{2}{3}(x+a)\surd(x+a) - 2a\surd(x+a) = (2x+2a-6a)\frac{1}{3}\surd(x+a) = (2x-4a)\frac{1}{3}\surd(x+a) = \frac{2}{3}\surd(x^3 - 3ax^2 + 4a^3)$. Reductio ad mere ſurdam neceſſaria, ut appareat, ſi fiat $x=0$, quinam termini nulleſcant, propterea quod $x - 2a$ ſignis afficitur diverſis.

Ponatur $x=0$; relinquetur $\frac{2}{3}\surd 4a^3 = \frac{4}{3}a\surd a$. Area igitur curvæ $= \frac{2}{3}\surd(x^3 - 3ax^2 + 4a^3) - \frac{4}{3}a\surd a$ (§. 109) $= \frac{2}{3}(x-2a)\surd(x+a) - \frac{4}{3}a\surd a$.

PROBLEMA 34.

116. *Quadrare omnes curvas, quæ comprehenduntur ſub æquatione generali* $y=\sqrt[m]{(x+a)}$.

Quoniam $y=(x+a)^{1:m}$

erit $ydx=dx\,(x+a)^{1:m}$

Ut elementum integrabile fiat, ponatur

$$(x+a)^{1:m}=v$$

erit $x+a=v^m$

$$dx=mv^{m-1}dv$$

$$ydx=mv^m dv$$

$\int ydx=\frac{mv^{m+1}}{m+1}=\frac{m}{m+1}(x+a)\sqrt[m]{(x+a)}$. Fiat $x=0$: erit reſiduum $\frac{m}{m+1}a\sqrt[m]{a}$. Unde area curvæ $\frac{m}{m+1}(x+a)\sqrt[m]{(x+a)}-\frac{m}{m+1}a\sqrt[m]{a}$ (§.109).

PROBLEMA 35.

117. *Quadrare omnes curvas, quæ definiuntur hac æquatione generali* $y=ax^m:\sqrt{(b+cx^{m+1})}$.

Elementum harum curvarum $ydx=ax^m dx:\sqrt{(b+cx^{m+1})}$. Ut integrabile reddatur, fiat

$$\sqrt{(b+cx^{m+1})}=v.$$

erit $b+cx^{m+1}=v^2$

$$(m+1)\,cx^m dx=2vdv$$

$$x^m dx=2vdv:c(m+1)$$

$$ydx=2adv:(m+1)c$$

$\int ydx=2av:(m+1)c=2a\sqrt{(b+cx^{m+1})}:(m+1)c$.

Fiat $x=0$, relinquetur $2a\sqrt{b}:(m+1)c$

Eſt igitur area $\frac{2a\sqrt{(b+cx^{m+1})}-2a\sqrt{b}}{(m+1)c}$.)

PROBLEMA 36.

118. *Quadrare innumeras hyperbolas intra aſymptotos.*

Pro infinitis hyperbolis intra aſymptotos $a^{m+n}=y^m x^n$.

Fiat $a=1$

erit $1=y^m x^n$

$$x^{-n}=y^m$$

$$x^{-n:m}=y$$

$$ydx=x^{-n:m}dx$$

ſydx

Digitized by Google

$$\int y dx = \frac{m}{m-n} x^{-n:m+1} = \frac{m}{m-n} \sqrt[m]{x^{m-n}} = \frac{m}{m-n} \sqrt[m]{x^m y^n} = \frac{m}{m-n} xy.$$

Tab. I Fig. 4. Si $m > n$; ſpatii interminati RMPS quadratura ſemper habetur: ſi $m < n$, ob valorem negativum reperitur quadratura ſpatii IMPK: ſi vero $m = n$, ſpatium neutrum quadratur. Sit enim $xy^2 = a^3$; erit $m = 2$, $n = 1$, adeoque RMPS=2xy. Si $xy^4 = a^5$; erit $m = 4$ $n = 1$, adeoque RMPS=$\frac{4}{3}$xy. Si $x^2 y = a^3$; theorema dat $a^3 : x = -xy$ ſeu xy pro ſpatio interminato IMPK. Si $x^4 y = a^5$; habetur $m = 1$, $n = 4$ adeoque $-\frac{1}{3}xy$, hoc eſt $\frac{1}{3}xy$ = IMPK. Sed ſi $xy = a^2$; erit $m = 1$, $n = 1$, adeoque $m : (m-n) = \frac{1}{0}$: eſt adeo numerator reſpectu denominatoris infinitus.

SCHOLION.

119. Johannes Walliſius (e) *ſpatium* SAPMR *eo in caſu, ubi valor negativus, vocavit* plusquam infinitum: *oſtendit vero celeberrimus* Varignonius (f), *virum ceteroquin magno ſuo merito celeborem aliquid humani paſſum eſſe, conſentiente ſummo* Leibnitio (g).

PROBLEMA 37.

120. *Hyperbolam Apollonianam intra aſymptotos quadrare.*

Quoniam ad hyperbolam intra aſymptotos (§. 490 *part. 1.*) $a^2 = by + xy$, ſeu, ſi fiat $a = b = 1$ (quod ponere licet, cum quantitatis b determinatio ſit arbitraria, *vi* §. *cit.*)

$$1 = y + xy$$

erit $1 : (1 + x) = y$

hoc eſt, diviſione actu facta, (§. 45. *part. 1.*)

$$y = 1 - x + x^2 - x^3 + x^4 - x^5 + x^6 \text{ \&c.}$$

$$y dx = dx - x dx + x^2 dx - x^3 dx + x^4 dx - x^5 dx + x^6 dx \text{ \&c. in infinit.}$$

$$\int y dx = x - \tfrac{1}{2}x^2 + \tfrac{1}{3}x^3 - \tfrac{1}{4}x^4 + \tfrac{1}{5}x^5 - \tfrac{1}{6}x^6 + \tfrac{1}{7}x^7 \text{ \&c. in infinit.}$$

SCHOLION.

121. *Hanc quadraturam hyperbolæ primus dedit ſerierum infinitarum inventor* Nicolaus Mercator (h). *Cum autem ſeriem quaſiviſſet per diviſionem; celeberrimi Geometræ* Leibnitius *atque* Nevvtonus (i) *methodum hanc ſerierum infinitarum promoverunt, hic quidem eas eliciens per radicum extractiones, ille autem ex ſerie quadam præſuppoſita. Utrins-*

(e) In Arithmet. infinit. Schol. prop. 101. fol. 407. & Prop. 10.. fol. 409.
(f) Memoires de l' Acadamiæ Royale des Sciences A. 1706. p. m. 15.
(g) In Actis Eruditorum A. 1712. p. 167. & ſeqq.
(h) in Logarithmotechnia Prop. 17. p. 31. & ſeqq.
(i) Vid. Epiſtolæ ipſorum apud *Walliſium* Vol. III. Operum Mathemat.

Utriusque exempla inſequentibus occurrunt.

PROBLEMA 38.

122. *Quadrare curvam, in qua* $x^2y+y=1$.

Quoniam $x^2y+y=1$

$$y=\frac{1}{x^2+1}$$

vel $$y=\frac{1}{1+x^2}$$

$$ydx=dx:(x^2+1)$$

vel $$=dx:(1+x^2)$$

Reſolvatur $1:(x^2+1)$ per diviſionem in ſeriem infinitam (§. 45. *part. 1.*), reperietur

$$y=\frac{1}{x^2}-\frac{1}{x^4}+\frac{1}{x^6}-\frac{1}{x^8}\ \&c.$$

$$=x^{-2}-x^{-4}+x^{-6}-x^{-8}\ \&c.$$

Quare $ydx=x^{-2}dx-x^{-4}dx+x^{-6}dx-x^{-8}dx$ &c,

adeoque $\int ydx=x^{-1}+\frac{1}{3}x^{-3}-\frac{1}{5}x^{-5}+\frac{1}{7}x^{-7}$ &c. $=\frac{1}{x}+\frac{1}{3x^3}-\frac{1}{5x^5}+\frac{1}{7x^7}$ &c.

Reſolvatur ſimiliter $1:(1+x^2)$ in ſeriem (§. *cit.*), reperietur

$$y=1-x^2+x^4-x^6+x^8\ \&c.$$

adeoque $ydx=dx-x^2dx+x^4dx-x^6dx+x^8dx$ &c.

Quare $\int ydx=x-\frac{1}{3}x^3+\frac{1}{5}x^5-\frac{1}{7}x^7+\frac{1}{9}x^9$ &c.

Quoniam ſeries exprimit aream, quia convergit, hoc eſt, termini continuo fiunt minores, ut in caſu ſingulari tandem deveniatur ad particulam inaſſignabilem, etiamſi terminorum numerus ſit finitus, ſeries autem prior citius convergit poſteriore; ideo utendum eſt ſerie prima, ſi x fuerit ſatis magna, ſecunda vero, ſi ſatis parva.

PROBLEMA 39.

123. *Quadrare hyperbolam* AMP. Tab. I. Fig. 2.

Quoniam in hyperbola $ay^2=abx+bx^2$ (§. 499 *part. 1.*); $y=\sqrt{(ax+x^2)}\sqrt{a}:\sqrt{b}$, adeoque $ydx=dx\sqrt{(ax+x^2)}\sqrt{a}:\sqrt{b}$, conſequenter $\int ydx=\sqrt{(a:b)}\int dx\sqrt{(ax+x^2)}$. Quoniam $\int dx\sqrt{(ax+x^2)}$ eſt area hyperbolæ æquilateræ (§. 507 *part. 1*) hac data datur etiam area hyperbolæ ſcalenæ. Quare ut elementum areæ hyperbolæ æquilateræ integrabile reddatur, ſolvatur $\sqrt{(ax+x^2)}$ in ſeriem infinitam (§. 98 *part. 1*), erit in theoremate generali

$$m=1,\ n=2,\ P=ax,$$

$$Q=x:a=a^{-1}x$$

$$P^{m:n}=a^{1:2}x^{1:2}=A$$

$$\frac{m}{n}AQ=\frac{1}{2}a^{1:2}x^{1:2}.a^{-1}x=\frac{1}{2}a^{-1:2}$$

$$x^{3:2}=B$$

$m-n$

Digitized by Google

$\frac{m-n}{2n}BQ = -\frac{1}{4}\cdot\frac{1}{2}a^{-1:2}x^{3:2}a^{-1}x = -\frac{1}{2.4}a^{-3:2}x^{5:2} = C$

$\frac{m-2n}{3n}CQ = -\frac{3}{6}\cdot -\frac{1}{2.4}a^{-3:2}x^{5:2}a^{-1}x = +\frac{1.3}{2.4.6}a^{-5:2}x^{7:2} = D$

$\frac{m-3n}{4n}DQ = -\frac{5}{8}\cdot +\frac{1.3}{2.4.6}a^{-5:2}x^{7:2}.a^{-1}x = -\frac{1.3.5}{2.4.6.8}a^{-7:2}x^{9:2} = E$

$\frac{m-4n}{5n}EQ = -\frac{7}{10}\cdot -\frac{1.3.5}{2.4.6.8}a^{-7:2}x^{9:2}.a^{-1}x = +\frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.10}a^{-9:2}x^{11:2}$

&c.

Eſt itaque $y = a^{1:2}x^{1:2} + \frac{1}{2}a^{-1:2}x^{3:2} - \frac{1}{2.4}a^{-3:2}x^{5:2} + \frac{1.3}{2.4.6}a^{-5:2}x^{7:2} - \frac{1.3.5}{2.4.6.8}a^{-7:2}x^{9:2}$ &c. in infinit.

Quare $ydx = a^{1:2}x^{1:2}dx + \frac{1}{2}a^{-1:2}x^{3:2}dx - \frac{1}{2.4}a^{-3:2}x^{5:2}dx + \frac{1.3}{2.4.6}a^{-5:2}x^{7:2}dx - \frac{1.3.5}{2.4.6.8}a^{-7:2}x^{9:2}dx$ &c. in infinit.

adeoque $\int ydx = \frac{2}{3}a^{1:2}x^{3:2} + \frac{1}{5}a^{-1:2}x^{5:2} - \frac{1}{4.7}a^{-3:2}x^{7:2} + \frac{1.3}{4.6.9}a^{-5:2}x^{9:2} - \frac{1.3.5}{4.6.8.11}a^{-7:2}x^{11:2} + \frac{1.3.5.7}{4.6.8.10.13}a^{-9:2}x^{13:2}$ &c.

Quoniam $a^{1:2}x^{1:2} = \sqrt{ax}$ erit $\int ydx = \sqrt{ax}\left(\frac{2}{3}x + \frac{x^2}{5a} - \frac{x^3}{4.7a^2} + \frac{1.3x^4}{4.6.9a^3} - \frac{1.3.5x^5}{4.6.8.11a^4} + \frac{1.3.5.7x^6}{4.6.8.10.13a^5}\right.$ &c. in infin.)

PROBLEMA 40.

124. *Circulum quadrare.*

Sit AB = 1, AP = x, PM = y: erit (§. *377. part. 1.*)

$$y = \sqrt{(x-xx)}$$

$$ydx = dx\sqrt{(x-xx)} = dx(x-xx)^{1:2}$$

Tab. I. Fig. 2.

Ut elementum integrabile reddatur, ex x−xx extrahatur radix per theorema generale (§. *98 part. 1*), in quo erit

$m=1, n=2, P=x, Q=-xx : x=-x$

$P^{m:n} = x^{1:2} = A$

$\frac{m}{n}AQ = \frac{1}{2}x^{1:2}.-x = -\frac{1}{2}x^{3:2} = B$

$\frac{m-n}{2n}BQ = -\frac{1}{4}.-\frac{1}{2}x^{3:2}.-x = -\frac{1}{2.4}x^{5:2} = C$

$\frac{m-2n}{3n}CQ = -\frac{5}{6}. - \frac{1}{2.4}x^{5:2}. - x = -\frac{1.3}{2.4.6}x^{7:2} = D$

$\frac{m-3n}{4n}DQ = -\frac{5}{8}. - \frac{1.3}{2.4.6}x^{7:2}. - x = -\frac{1.3.5}{2.4.6.8}x^{9:2} = E$

$\frac{m-4n}{5n}EQ = -\frac{7}{10}. - \frac{1.3.5.}{2.4.6.8}x^{9:2}. - x = -\frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.10}x^{11:2}$ &c. in infin.

Habemus adeo $ydx = x^{1:2}dx - \frac{1}{2}x^{3:2}dx - \frac{1}{2.4}x^{5:2}dx - \frac{1.3}{2.4.6}x^{7:2}dx - \frac{1.3.5}{2.4.6.8}x^{9:2}dx - \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.10}x^{11:2}dx$ &c. in infin.

Hinc $\int ydx = \frac{2}{3}x^{3:2} - \frac{1}{5}x^{5:2} - \frac{1}{4.7}x^{7:2} - \frac{1.3}{4.6.9}x^{9:2} - \frac{1.3.5}{4.6.8.11}x^{11:2}$ &c. in infin. $= \surd x\,(\frac{2}{3}x - \frac{1}{5}x^2 - \frac{1}{4.7}x^3 - \frac{1.3}{4.6.9}x^4 - \frac{1.3.5}{4.6.8.11}x^5 - \frac{1.3.5.7}{4.6.8.10.13}x^7$ &c. in infinit.$) = \surd x\,(\frac{2}{3}x - \frac{1}{5}x^2 - \frac{1}{28}x^3 - \frac{1}{72}x^4 - \frac{5}{704}x^5 - \frac{1}{1664}x^7$ &c. in infin.$)$

Hæc nempe ſeries exhibet quadraturam indeterminatam ſegmenti AMP.

Aliter.

Quoniam ſi radius circuli $= 1$, $CP = x$, $PM = y$ (§. 377. *part. 1.*) $y = \surd(1-x^2)$ & $\surd(1-x^2) = 1 - \frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{8}x^4 - \frac{1}{16}x^6 - \frac{5}{128}x^8 - \frac{7}{256}x^{10}$ &c. in infinit. erit (§. 98 *part. 1.*) Tab. I. Fig. 3.

$ydx = dx - \frac{1}{2}x^2dx - \frac{1}{8}x^4dx - \frac{1}{16}x^6dx - \frac{5}{128}x^8dx - \frac{7}{256}x^{10}dx -$ & in infinit.

$\int ydx = x - \frac{1}{6}x^3 - \frac{1}{40}x^5 - \frac{1}{112}x^7 - \frac{5}{1152}x^9 - \frac{7}{2816}x^{11}$ &c. in infinit.

Quando x radio CA æqualis evadit, ſpatium DCPM degenerat in quadrantem. Subſtituta itaque 1 pro x; erit quadrans $1 - \frac{1}{6} - \frac{1}{40} - \frac{1}{112} - \frac{5}{1152} - \frac{7}{2816}$ &c. in infinit. quæ eadem ſeries integram circuli aream metitur, ſi diameter fuerit 1.

Quodſi progreſſum in infinitum perſpicere lubet, multiplicatio ut ante tantummodo indicanda, dum $\surd(1-x^2)$ in ſeriem reſolvitur.

Ita nimirum prodibit $y = 1 - \frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{2.4}x^4 - \frac{1.3}{2.4.6}x^6 - \frac{1.3.5}{2.4.6.8}x^8 - \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.10}x^{10}$ &c. in infinit.

$ydx = dx - \frac{1}{2}x^2dx - \frac{1}{2.4}x^4dx - \frac{1.3}{2.4.6}x^6dx$

Digitized by Google

$. x^6 dx - \frac{1.3.5}{2.4.6.8} x^8 dx - \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.10} x^{10} dx$ &c.

$\int y dx = x - \frac{1}{2.3} x^3 - \frac{1}{2.4.5} x^5 - \frac{1.3}{2.4.6.7} x^7 - \frac{1.3.5}{2.4.6.8.9} x^9 - \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.10.11} x^{11}$ &c. in infin.

Dicatur terminus primus A, ſecundus B, tertius C, quartus D, quintus E &c. erit

$A = x$

$B = -\frac{1}{2.3} x^3 = -\frac{1.1}{2.3} Ax^2$

$C = -\frac{1}{2.4.5} x^5 = -\frac{1.3}{2.3.4.5} x^5 = -\frac{1.3}{4.5} Bx^2$

$D = -\frac{1.3}{2.4.6.7} x^7 = -\frac{1.3.5.3}{2.3.4.5.6.7} x^7 = -\frac{3.5}{6.7} Cx^2$

$E = -\frac{1.3.5}{2.4.6.8.9} x^9 = \frac{1.3.5.3.5.7}{2.3.4.5.6.7.8.9} x^9 = -\frac{5.7}{8.9} Dx^2$

Aliter.

Tab. II. Fig. 20. Sit tangens arcus dimidii $GB = x$, radius $BC = 1$; erit tangens integri ſeu dupli $KB = 2x:(1-xx)$ (*§. 327. part. 1.*) & (*§. 269 Geom.*)

$BG : BC = KG : KC$

$x : 1 = \frac{x+x^3}{1-xx} : \frac{1+x^2}{1-x^2}$

Eſt enim $KG = 2x:(1-xx) - x = (2x-x+x^3):(1-xx) = (x+x^3):(1-xx)$

Porro (*§. 268 Geom.*)

$KC : KB = MC : PM$

$\frac{1+x^2}{1-x^2} : \frac{2x}{1-x^2} = 1 : \frac{2x}{1+x^2}$

$KC : BC = MC : PC$

$\frac{1+x^2}{1-x^2} : 1 = 1 : \frac{1-x^2}{1+x^2}$

Unde $PB = 1-(1+x^2):(1+x^2) = (1+x^2-1+x^2):(1+x^2) = 2x^2:(1+x^2)$. Hinc differentiando eruitur $Pp = MR = (4x dx + 4x^3 dx - 4x^3 dx):(1+x^2)^2 = 4x dx:(1+x^2)^2$ & $mR = (2dx + 2x^2 dx - 4x^2 dx):(1+x^2)^2 = (2dx - 2x^2 dx):(1+x^2)^2$. Ob $MR^2 + mR^2 = Mm^2$ (§ 417 *Geom.*) habetur $Mm^2 = 16x^2dx^2:(1+x^2)^4 + (4dx^2 - 8x^2dx^2 + 4x^4dx^2):(1+x^2)^4 = 4dx^2 + 8x^2dx^2 + 4x^4dx^2):(1+x^2)^4$ & $Mm = (2dx + 2x^2dx):(1+x^2)^2 = 2dx:(1+x^2)$. Denique $Mm. \frac{1}{2}MC = dx:(1+x^2)$. Ut ſector hic infinite parvus MCm ſeu elementum ſectoris BCM, cujus dimidii tangens x, ſummetur; reſolvi debet $1:(1+x^2)$ in ſeriem (*§. 45 part. 1.*): quo facto reperi-

Digitized by Google

peritur $dx:(1+x^2)=dx-x^2dx+x^4dx-x^6dx+x^8dx-x^{10}dx$ &c. adeoque $\int dx:(1+x^2)=x-\frac{1}{3}x^3+\frac{1}{5}x^5-\frac{1}{7}x^7+\frac{1}{9}x^9-\frac{1}{11}x^{11}$ &c. quæ ſeries exprimit ſectorem BCM, ita ut arcus dimidii tangens GB $=x$.

Quando arcus integer BM in quadrantem degenerat; tangens dimidii BG fit radio æqualis (§. 32. *Trig.*). Si ergo pro x ſubſtituatur 1, ſeries $1-\frac{1}{3}+\frac{1}{5}-\frac{1}{7}+\frac{1}{9}-\frac{1}{11}$ &c. in infinit. quadrantem circuli exprimit. Immo totam aream emetitur, ſi 1 denotet diametrum circuli.

Brevius.

Tab. II. Fig. 20. Sit tangens KB $=x$, BC $=1$ & ſecans CA alteri CK infinite propinqua ductusque arculus KL radio CK; erit AK $=dx$, KC $=\sqrt{(1+x^2)}$ (§. 417 *Geom.*). Jam cum anguli ad B & L ſint recti (§. 78) & ob angulum infinite parvum KCL angulus BKC $=$ KAC (§. 239 *Geom.* & §. 3. *Analyſ. infinit.*); erit (§. 267 *Geom.*)

$$KC : BC = KA : KL$$

$$\sqrt{(1+x^2)} : 1 = dx : \frac{dx}{\sqrt{(1+x^2)}}$$

Porro (§. 137. 412 *Geom.*)

$$CK : KL = CM : mM$$

$$\sqrt{(1+x^2)} : \frac{dx}{\sqrt{(1+x^2)}} = 1 : \frac{dx}{1+x^2}$$

Sector igitur CM$m=\frac{1}{2}dx:(1+x^2)=\frac{1}{2}(dx-x^2dx+x^4dx-x^6dx+x^8dx-x^{10}dx$ &c). Unde per ſummationem eruitur ſector BCM, cujus tangens KB $=x$, $\frac{1}{2}x-\frac{1}{6}x^3+\frac{1}{10}x^5-\frac{1}{14}x^7+\frac{1}{18}x^9-\frac{1}{22}x^{11}$ &c. in infinit. adeoque ſi BM octans circuli ſeu arcus 45°, ſector erit (§. 32. *Trigonom.*) $\frac{1}{2}-\frac{1}{6}+\frac{1}{10}-\frac{1}{14}+\frac{1}{18}-\frac{1}{22}$ &c. infinit. Hujus adeo ſeriei duplum $1-\frac{1}{3}+\frac{1}{5}-\frac{1}{7}+\frac{1}{9}-\frac{1}{11}$ &c. in infinitum eſt quadrans circuli, immo integra area ſi diameter $=1$.

SCHOLION.

115 *Seriem primam invenit* Nevvtonus, *alteram* Jacobus Gregorius, *& in eandem incidit* Leibnitius *ignorans dubio procul prodituram ſeriem* Gregorianam, *cum ex tangente quæreret aream. Neque enim putandum eſt, quod inventum ſeriei, quam a* Gregorio *repertam non ignorabat, etſi publice non conſtaret, ſibi attribuerit absque ulla ratione vir probati alias candoris. Sed nullum eſt dubium quin ingenioſiſſimus* Leibnitius *methodo ab iis diverſa, quas ego propoſui, ad ſuam pervenerit. Cum enim methodum priorem, in quam incideram ante annos complures, amico percontanti, unde conſtet, (quod* Leibnitius *in Actis Eruditorum aſſeruerat)* $\int dx:(1+x^2)$ *dependere a quadratura circuli & quomodo inde eruatur ſeries* Leibnitiana *pro circulo* $1-\frac{1}{3}+\frac{1}{5}-\frac{1}{7}$ &c. *reſponſurus, judicio* Leibnitii *ſubmiſiſſem, eam quidem non im-*

improbavit, monuit tamen, totum negotium brevius abſolvi poſſe: unde etiam factum eſt, ut poſtea de breviori cogitarem.

PROBLEMA 41.

Tab. I. Fig. 10. 126. *Ellipſin Apollonianam quadrare.*

Sit AC = a, GC = c, PC = x; erit (§. 432 *part. 1.*)

$$y^2 = c^2(a^2 - x^2) : a^2$$

$$y = c\sqrt{(a^2 - x^2)} : a$$

Eſt vero $\sqrt{(a^2 - x^2)} = a - \frac{x^2}{2a} - \frac{x^4}{8a^3} - \frac{x^6}{16a^5} - \frac{5x^8}{128a^7} - \frac{7x^{10}}{256a^9}$ &c. in infinit. (§. 81. *part. 1.*). Ergo $ydx = cdx - \frac{cx^2dx}{2a^2} - \frac{cx^4dx}{8a^4} - \frac{cx^6dx}{16a^6} - \frac{5cx^8dx}{128a^8} - \frac{7cx^{10}dx}{256a^{10}}$ &c. in infinit. conſequenter $\int ydx = cx - \frac{cx^3}{6a^2} - \frac{cx^5}{40a^4} - \frac{cx^7}{112a^6} - \frac{5cx^9}{1152a^8} - \frac{7cx^{11}}{2816a^{10}}$ &c. in infinit.

Quodſi pro x ponatur a; erit quadrans ellipſis $ac - \frac{1}{6}ac - \frac{1}{40}ac - \frac{1}{112}ac - \frac{5}{1152}ac - \frac{7}{2816}ac$ &c. in infinitum: quæ eadem ſeries integram ellipſis aream exhibet, ſi a axem integrum denotet.

Aliter.

Quoniam elementum Ellipſeos eſt $cdx\sqrt{(a^2 - x^2)} : a$; erit ECLR = $\frac{c}{a}\int dx\sqrt{(a^2 - x^2)}$. Sed $\int dx\sqrt{(a^2 - x^2)}$ = DCLK (§. 124). Eſt itaque $a : c$ = DCLK : ECLR, hoc eſt, area elliptica ECLR eſt ad circularem DCLK ut axis major AB (quæ eſt diameter circuli) ad minorem 2CD (§. 124). Pendet adeo quadratura ellipſeos a quadratura circuli. Tab. II. Fig. 23.

COROLLARIUM 1.

127. Si fiat $\sqrt{ac} = 1$, erit area ellipſis $= 1 - \frac{1}{6} - \frac{1}{40} - \frac{1}{112} - \frac{5}{1152} - \frac{7}{2816}$ &c. in infinitum. Patet adeo ellipſin eſſe circulo æqualem, cujus diameter eſt media proportionalis inter axes ellipſis conjugatos (§. 124).

COROLLARIUM 2.

128. Eſt ergo ellipſis ad circulum, cujus diameter axi majori æqualis, ut ac ad a^2 (§. 408 *Geom.*), hoc eſt, ut c ad a (§. 124 *part. 1.*), ſeu ut axis minor ad majorem: quod idem de ſegmentis indefinitis oſtendimus analytice in reſolutione.

COROLLARIUM 3.

129. Data circuli quadratura dabitur etiam quadratura ellipſis & contra.

SCHOLION.

130. *Quamvis circuli integri quadratura hactenus dari non potuerit, varias tamen ejus portiones quadrarunt Geometræ. Primam quadraturam par-*

 tialem

tialem alicujus lunulæ dedit jam olim Hippocrates *Chius, ex mercatore naufrago Geometra factus. Sit* AEB *ſemicirculus &* GC = BG. *Deſcribatur radio*
Tab. II. BC *quadrans* AFB; *erit* AEBFA Lunula Hippocratis. *Quoniam* $BC^2 = 2GB^2$
Fig. (§. 417. *Geom.*); *erit quadrans* AGBC
21. *ſemicirculo* AEB *æqualis* (§. 408 *Geom.*). *Ablato igitur utrinque ſegmento communi* AFBGA; *erit* AEBFA = △ ACB = GB^2.

PRBOLEMA 42.

131. *Cycloidem quadrare.*

Quoniam TP = PM (§. 52); erunt in △ PMT anguli M & T æquales (§. 184 *Geom.*), adeoque
Tab. TPQ = 2M (§. 239 *Geom.*). Eſt
I vero anguli APQ menſura arcus
Fig. dimidius AP (§. 291. & 314 *Geom.*)
7. & idem metitur angulum TPA (§. 322. *Geom.*). Ergo APQ = TPA (§. 142 *Geom.*). Sed TPQ = TPA + APQ = 2 APQ = 2 TMP per *demonſtrata.* Ergo APQ = TMP = M*m*S ob parallelas MP & *mq* (§. 255 *Geom.*). Quamobrem cum ad S & Q ſint recti *per conſtr.*; erit (§. 267 *Geom.*)

AQ : QP = MS : *m*S

Sit jam AQ = x, AB = 1, erit MS = dx, PQ = $\sqrt{(x-xx)}$ (§. 377. *part.* 1.) & $mS = dx\sqrt{(x-xx)} : x$. Reperimus autem ſupra (§. 124.) $\sqrt{(x-xx)} = x^{1:2} - \frac{1}{2}x^{3:2} - \frac{1}{8}x^{5:2} - \frac{1}{16}x^{7:2}$ &c. in infinitum. Ergo $dx\sqrt{(x-xx)} : x$ = (quoniam ob diviſionem per x factam numeratores exponentium duabus unitatibus minuuntur, §. 54 part. 1.) $x^{-1:2}dx - \frac{1}{2}x^{1:2}dx - \frac{1}{8}x^{3:2}dx - \frac{1}{16}x^{5:2}dx$ &c. in infinitum, cujus ſumma $2x^{1:2} - \frac{1}{3}x^{3:2} - \frac{1}{20}x^{5:2} - \frac{1}{56}x^{7:2}$ &c. in infinitum, eſt ſemiordinata cycloidis QM ad axem AB relatæ. Hinc QM dx ſeu elementum QMSq ſpatii cycloidici AMQ = $2x^{1:2}dx - \frac{1}{3}x^{3:2}dx - \frac{1}{20}x^{5:2}dx - \frac{1}{56}x^{7:2}dx$ &c. in infinitum: cujus ſumma = $\frac{4}{3}x^{3:2} - \frac{2}{15}x^{5:2} - \frac{1}{70}x^{7:2} - \frac{1}{252}x^{9:2}$ &c. in infinitum exprimit ſegmentum cycloidis AMQ.

Quod ſi $mS = gG = dx\sqrt{(x-xx)} : x$ ducatur in GM = AQ = x, reperietur elementum GMHG areæ AMG = $dx\sqrt{(x-xx)}$ quod cum idem ſit cum elemento ſegmenti circuli APQ (§. 124.), erit ſpatium AMG ſegmento circuli APQ, conſequenter area ADC ſemicirculo APB æqualis.

COROLLARIUM.

132. Quoniam CB ſemiperipheriæ circuli æquatur (§. 574. *part.* 1.) ſi ea = p & AB = a; erit rectangulum BCDA = ap (§. 375 *Geom.*) & ſemicirculus APB, adeoque & ſpatium cycloidicum externum ADC = $\frac{1}{4}ap$ (§. 406 *Geom.*). Ergo area ſemicycloidis ACB = $\frac{3}{4}ap$ & AMCBPA = $\frac{3}{4}ap$, conſequenter area cycloidis eſt circuli genitoris tripla.

PROBLEMA 43.

133. *Ciſſoidem* Dioclis *quadrare*.

Quoniam $y^2 = x^3 : (2-x)$, ſi 1 diameter circuli genitoris (§. 548 *part.* *1.*); erit

$$y = x\sqrt{x} : \sqrt{(1-x)} = x^{3:2}(1-x)^{-1:2}$$

Extrahatur ergo ex $1 : \sqrt{(1-x)}$ actu radix per theorema generale (§. 98 *part. 1.*) in quo erit $m = -1$, $n = 2$, $P = 1$, $Q = -x$ & hinc

$$P^{m:n} = 1 = A$$

$$\frac{m}{n} AQ = -\tfrac{1}{2}.1.-x = \tfrac{1}{2}x = B$$

$$\frac{m-n}{2n} BQ = -\frac{3}{4}.\frac{1}{2}x.-x = \frac{1.3}{2.4}x^2 = C$$

$$\frac{m-2n}{3n} CQ = -\frac{5.1.3}{6.2.4}x^2.-x = \frac{1.3.5}{2.4.6}x^3 = D$$

$$\frac{m-3n}{4n} DQ = -\frac{7.1.3.5}{8.2.4.6}x^3.-x = \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8}x^4$$

&c. in infinitum.

Unde $ydx = x^{3:2}(1-x)^{-1:2}dx = x^{3:2}dx + \tfrac{1}{2}x^{5:2}dx + \frac{1.3}{2.4}x^{7:2}dx + \frac{1.3.5}{2.4.6}x^{9:2}dx + \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8}x^{11:2}dx$ &c. cujus ſumma $\tfrac{2}{5}x^{5:2} + \frac{1}{7}x^{7:2} + \frac{1.3}{4.9}x^{9:2} + \frac{1.3.5}{4.6.11}x^{11:2} + \frac{1.3.5.7}{4.6.8.13}x^{13:2}$ &c. in infinitum $= \sqrt{x}\,(\tfrac{2}{5}x^2 + \tfrac{1}{7}x^3 + \frac{1.3}{4.9}x^4 + \frac{1.3.5}{4.6.11}x^5 + \frac{1.3.5.7}{4.6.8.13}x^6$ &c. in infinitum) exprimit ſpatium APM.

Aliter.

Sit $AP = x$, $PN = v$, $PM = y$, $AB = a$; erit (§. 548 *part. 1.*) Tab. II. Fig. 22.

$$ay^2 - xy^2 = x^3$$

$$2ady - 2xydy - y^2dx = 3x^2dx$$

$$2(a-x)dy - ydx = 3x^2dx : y$$

Quoniam (§. 547 *part. 1.*) $x^2 = vy$; erit $x^2 : y = v$. Fiat præterea $a - x = PB = z$: habebimus

$$2zdy - ydx = 3vdx$$

$$2\int zdy - \int ydx = 3\int vdx$$

Eſt vero vdx elementum circuli $PNnp$; $\int zdy$ ob $z = PB = OM$ & $dy = mR = oO$ elementum $mMOo$ areæ $AMOB$ & ydx elementum $PMmp$ areæ AMP. Jam quando $\int zdy$ integram aream intra ciſſoidem AI & ejus aſymptotum BH exhibet, etiam $\int ydx$ eſt eadem area, adeoque $\int ydx = \int zdy$, conſequenter $2\int zdy - \int ydx = \int zdy$. Quare cum in eodem caſu $\int vdx$ ſemicirculum producat ANB; erit ob $\int zdy = 3\int vdx$ totum ſpatium ciſſoidale in infinitum protenſum ſemicirculi genitoris ANB triplum.

PRO-

PROBLEMA 44.

134. *Quadrare Logiſticam* ſeu *Logarithmicam.*

Tab. I. Fig. 8. Sit ſubtangens PT $= a$ (§. 54.), PM=x, Pp=dx; erit (§. cit.)

$$ydx : dy = a$$

$$ydx = ady$$

$$\int ydx = ay$$

Spatium ergo interminatum HPMI æquatur rectangulo ex PM in PT.

COROLLARIUM 1.

135. Sit QS $= z$; erit ſpatium interminatum ISQH $= az$, conſequenter SMPQ $= ay - az = a(y - z)$, hoc eſt, ſpatium inter duas logiſticæ ſemiordinatas interceptum æquatur rectangulo ex ſubtangente in differentiam ſemiordinatarum.

COROLLARIUM. 2.

136. Eſt itaque ſpatium BAPM ad ſpatium PMSQ ut differentia ſemiordinatarum AB & PM ad differentiam ſemiordinatarum PM & SQ (§. *præc.* & §. 124. *part. 1.*).

PROBLEMA 45.

137. *Quadrare ſpirales.*

Tab. I. Fig. 6. Sint omnia ut in problemate 8. (§ 50); erit arculus EG $= ydx : a$, qui ductus in $\frac{1}{2}$ AG producit ſectorem infinite parvum GAE $= y^2dx : 2a$ (§. 435 *Geom.*). Eſt autem pro ſpirali Archimedea

$$ax = by$$

$$a^2x^2 : b^2 = y^2$$

$$y^2dx : 2a = ax^2dx : 2b^2$$

$$\int y^2dx : 2a = ax^3 : 6b^2$$

Qnodſi pro arcu x ponatur integra peripheria b; erit ſpatium ſpirale integrum $\frac{1}{6}ab$. Similiter pro infinitis ſpiralibus ad circulum relatis (§. 572. *part. 1.*)

$$a^m x^n = b^n y^m$$

$$a^m x^n : b^n = y^m$$

$$ax^{n:m} : b^{n:m} = y$$

$$a^2 x^{2n.m} : b^{2n:m} = y^2$$

$$y^2 dx : 2a = ax^{2n.m} dx : 2b^{2n:m}$$

$$\int y^2 dx : 2a = max^{2n+m,:m} : (4n + 2m) b^{2n:m}$$

Quare ſi pro x ponatur integra peripheria circuli b, prodibit pro ſpatiis ſpiralibus integris $mab^{2n:m+1} : (4n + 2m)\, b^{2n:m} = mab : (4n + 2m)$.

Quodſi ponamus arcum BC eſſe ad CF ut abſciſſa ad ſemiordinatam in curva aliqua algebraica, eodem modo reperitur ſpatium ſpirale. Sit enim e. gr. BC ad CF ut abſciſſa parabolæ ad ſemiordinatam, erit (ſumto r pro parametro)

rx=

$$rx = a^2 - 2ay + yy$$

$$dx = (2ydy - 2ady) : r$$
$$y^2 dx : 2a = (y^3 dy - ay^2 dy) : ar$$

$$\int y^2 dx : 2a = y^4 : 4ar - y^3 : 3r$$

Nec abſimili modo invenitur ſpatium inter arcum BC & ſpiralem BF comprehenſum: cujus elementum eſt trapezium CFID = (CD + FI) ½ FC (§. 400 *Geom.*). Eſt vero CD = dx, FI = $ydx : a$, FC = $a - y$, adeoque CFID = $(dx + ydx : a)(\frac{1}{2}a - y) = (a^2 dx - y^2 dx) : 2a$.

Si jam ſpiralis ſit parabolica, pro dx ſubſtituatur valor ipſius $(2ydy - 2ady) : r$; erit elementum ſpeciale $(ay^2 dy + a^2 ydy - y^3 dy - a^3 dy) : ar$, cujus ſumma $y^3 : 3r + ay^2 : 2r - y^4 : ar - a^2 y : r$ eſt ſpatium quæſitum BFC.

PROBLEMA 46.

Tab. I. Fig. 5. 138. *Quadrare Conchoidem Nicomedis.*

Sit AP = x, PM = y, BC = b, AB = a & OQ ad PM perpendicularis: erit PB = OQ = $a - x$, PC = $a + b - x$. Quoniam OQ & BA perpendiculares ad PM *per hypoth.* erunt inter ſe parallelæ (§. 256 *Geom.*), conſequenter (§. 258 *Geom.*)

$$PC : PM = OQ : OM$$
$$a + b - x : y = a - x :$$

& hinc $OM = y(a - x) : (a + b - x)$ adeoque $OM^2 = y^2 (a - x)^2 : (a + b - x)^2$. Porro $OQ^2 = (a - x)^2$ & $QM^2 = AB^2$ (§. 352 *part. 1.*) $= a^2$. Quare (§. 417 *Geom.*)

$$a^2 = a^2 - 2ax + x^2 + \frac{y^2 (a - x)^2}{(a + b - x)^2}$$

$$2ax - x^2 = y^2 (a - x)^2 : (a + b - x)^2$$

$$\sqrt{(2ax - x^2)} = y(a - x) : (a + b - x)$$

$$y = \frac{a + b - x}{a - x} \sqrt{(2ax - x^2)}.$$

Habemus itaque elementum areæ PpMm = $ydx = \frac{a + b - x}{a - x} dx \sqrt{(2ax - x^2)}$, nec alia re opus eſt, quam ut $\sqrt{(2ax - x^2)}$ reſolvatur in ſeriem (§. 98 *part. 1.*), ſeries hæc porro ducatur in $a + b - x$ & factum tandem dividatur per $a - x$. Ita enim obtinetur ſeries, quæ ſingulis terminis in dx ductis exprimit elementum areæ atque eodem, quo ante, modo ſummatur. Ne calculus perplexus tyrones turbet, ſumamus caſum ſimpliciſſimum, in quo eſt $b = a$, adeoque $a + b = 2a$, & ne $\sqrt{2}$ toties ſit ſcribenda, ponamus $2a = c$, ut ſit $a = \frac{1}{2}c$: erit $ydx = \frac{c - x}{\frac{1}{2}c - x} dx \sqrt{(cx - x^2)}$. Eſt autem

$\surd(cx-x^2)$ ſemiordinata circuli, cujus diameter c, atque adeo coincidit reſolutio in ſeriem cum ea, quam dedimus paulo ante (§.124), niſi quod ibidem ſuppoſuerimus $c=1$. Quoniam tamen hic conſultius eſt c retineri & in reſolutione in gratiam operationum ſequentium quædam notanda ſunt; ideo noninconſultum ducimus vi theorematis *Newtoniani* (§.98 *part.1.*) reſolutionem ipſam inſtituere. Erit itaque

$m=1, n=2, P=cx, Q=-x^2:cx=-x:c=-c^{-1}x$ (§.54.55 *part.1*), adeoque

$P^{m:n}=c^{1:2}x^{1:2}=A$

$\frac{m}{n}AQ=\frac{1}{2}c^{1:2}x^{1:2}.-c^{-1}x=-\frac{1}{2}c^{-1:2}x^{3:2}=B$

$\frac{m-n}{2n}BQ=-\frac{1}{4}.-\frac{1}{2}c^{-1:2}x^{3:2}.-c^{-1}x=-\frac{1}{8}c^{-3:2}x^{5:2}=C$

$\frac{m-2n}{3n}CQ=-\frac{3}{6}.-\frac{1}{8}c^{-3:2}x^{5:2}.-c^{-1}x=-\frac{1}{16}c^{-5:2}x^{7:2}=D$

$\frac{m-3n}{4n}DQ=-\frac{5}{8}.-\frac{1}{16}c^{-5:2}x^{7:2}.c^{-1}x=-\frac{5}{128}c^{-7:2}x^{9:2}$ &c.

Eſt itaque $\surd(cx-x^2)=c^{1:2}x^{1:2}-\frac{1}{2}c^{-1:2}x^{3:2}-\frac{1}{8}c^{-3:2}x^{5:2}-\frac{1}{16}c^{-5:2}x^{7:2}-\frac{5}{128}c^{-7:2}x^{9:2}$ &c. in infinitum.

Quodſi hanc ſeriem multiplices per $c-x$, prodibit $(c-x)\surd(cx-x^2)=2c^{1:2}x^{1:2}+c^{-1:2}x^{3:2}+\frac{11}{4}c^{-3:2}x^{5:2}+\frac{45}{8}c^{-5:2}x^{7:2}+\frac{723}{64}c^{7:2}x^{9:2}$ &c. in infinitum.

Multiplicatio & diviſio modo ordinario inſtituitur. Etenim ſi ſeriem multiplices per c, prodit $c^{3:2}x^{1:2}-\frac{1}{2}c^{1:2}x^{3:2}-\frac{1}{8}c^{-1:2}x^{5:2}-\frac{1}{16}c^{-3:2}x^{7:2}-\frac{5}{128}c^{-5:2}x^{9:2}$ &c. in infinit. Si porro eandem ducas in $-x$, prodit $-c^{1:2}x^{3:2}+\frac{1}{2}c^{-1:2}x^{5:2}+\frac{1}{8}c^{-3:2}x^{7:2}+\frac{1}{16}c^{-5:2}x^{9:2}$ &c. Quodſi terminos homogeneos in unam ſummam colligas, obtinetur ſeries $c^{3:2}x^{1:2}-\frac{3}{2}c^{1:2}x^{3:2}+\frac{3}{8}c^{-1:2}x^{5:2}+\frac{1}{16}c^{-3:2}x^{7:2}+\frac{3}{128}c^{-5:2}x^{9:2}$ &c. Hac porro diviſa per $\frac{1}{2}c-x$ (§. 40. part. 1), prodit quotus $2c^{1:2}x^{1:2}+c^{-1:2}x^{3:2}+\frac{11}{4}c^{-3:2}x^{5:2}+\frac{45}{8}c^{-5:2}x^{7:2}+\frac{723}{64}c^{-7:2}x^{9:2}$ &c.

Eſt adeo elementum areæ Conchoidis $2c^{1:2}x^{1:2}dx+c^{-1:2}x^{3:2}dx+\frac{11}{4}c^{-3:2}x^{5:2}dx+\frac{45}{8}c^{-5:2}x^{7:2}dx+\frac{723}{64}c^{-7:2}x^{9:2}dx$ &c. in infinit. Qare area $AMP=\frac{4}{3}c^{1:2}x^{3:2}+\frac{2}{5}c^{-1:2}x^{5:2}+\frac{11}{14}c^{-3:2}x^{7:2}+\frac{5}{4}c^{-5:2}x^{9:2}+\frac{723}{352}c^{-7:2}x^{9:2}$ &c. in infin.

PROBLEMA 47.

139. *Invenire rationem, quam habent ſpatia curvilinea juxta axem eundem vel axes æquales deſcripta, ſemiordinatis correſpondentibus rationem conſtantem habentibus.*

Sit elementum ſpatii curvilinei unius

unius $= ydx$. Quoniam ordinatæ ad æquales partes axis continuo applicantur, *per hypoth.* erit elementum ſpatii alterius zdx, poſita nempe ſemiordinata hujus z, abſciſſa communi x. Sed cum in ſingulis elementis eadem ſemper ſit ratio ipſius y ad z, *per hypoth.* erit $\int ydx : \int zdx = ydx : zdx$ (§. 187 *Arithm.*) $= y : z$ (§. 181 *Arithm.*).

Theorema. Spatia curvilinea æque alta habent rationem baſium, quibus inſiſtunt, ſi ſemiordinatæ correſpondentes fuerint in ratione conſtante.

COROLLARIUM 1.

Tab. 140. Quare ſi ARB fuerit ſemiellipſis;
II. AKB ſemicirculus & KL ad AB perpendi-
Fig. cularis; erit KL ad RL in ratione con-
23. ſtante DC ad CE (§. 598 *part.1.*), adeoque ſegmentum circulare BKL ad ſegmentum ellipticum BRL ut KL ad RL.

COROLLARIUM 2.

141. Quodſi ex foco F ducantur rectæ FR & FK, erunt quoque triangula FKL & FRL ut KL ad RL (§. 389 *Geom.*). Quamobrem ſector circularis BFK eſt ad ſectorem ellipticum RFB ut KL ad RL (§. 187 *Arithm.*). Cum itaque KL : RL = CD : CE (§. 598 *part.1.*) & ut CD ad CE ita circulus integer ad ellipſin integram (§. 124); erit quoque ſector KFB ad ſectorem RFB ut circulus ad ellipſin (§. 167. *Arithm.*), conſequenter ut ſector KFB ad aream integri circuli, ita ſector RFB ad integram ellipſis aream (§. 173 *Arithm.*).

SCHOLION.

142. *Quoniam ſectores ex arcuum elementis derivantur; de iis quadrandis agemus capite ſequente, ubi arcuum rectificatio docetur.*

CAPUT III.
DE USU CALCULI INTEGRALIS IN RECTIFICATIONE CURVARUM.

DEFINITIO 7.

143. Rectificatio curvæ eſt inventio rectæ, cui æqualis eſt linea curva.

COROLLARIUM.

144. Cum linea curva concipiatur conſtare ex innumeris lineolis rectis infinite exiguis; ſi una earum inveniatur per calculum differentialem, ſumma dabit longitudinem curvæ. Nimirum cum ex ſuperioribus conſtet, eſſe $MR = dx$, $mR = dy$ (§. 20.); erit Mm ſeu elementum curvæ $\sqrt{(dx^2 + dy^2)}$ (§. 417. *Geom.*). Quodſi itaque ex æquatione differentiali ad curvam ſpecialem ſubſtituatur valor vel ipſius dx^2, vel ipſius dy^2; habetur

elementum ſpeciale: quod integratum prodit longitudinem curvæ.

SCHOLION.

145. *Interdum elementum curvæ commodius ex circumſtantiis ſpecialibus eruitur, prout exempla mox afferenda loquentur.*

PROBOLEMA 48.

146. *Parabolam rectificare,*
Pro parabola $adx = 2ydy$ (§. 21.)

$$a^2dx^2 = 4y^2dy^2$$

$$dx^2 = 4y^2dy^2 : a^2$$

$$\sqrt{(dx^2+dy^2)} = \sqrt{(dy^2 + 4y^2dy^2 : a^2)} = dy\sqrt{(aa+4yy)} : a.$$

Ut hoc elementum curvæ integrabile fiat, reſolvatur in ſeriem infinitam (§. 99. *part. 1.*); erit in theoremate generali

$n = 2$ $m = 1$ $P = a^2$ $Q = 4y^2 : a^2$

$P^{m:n} = a = A$

$\frac{m}{n} AQ = \frac{1}{2}a . 4y^2 : a^2 = 2y^2 : a = B$

$\frac{m-n}{2n} BQ = -\frac{1}{4} . \frac{2y^2}{a} . \frac{4y^2}{a^2} = -\frac{2y^4}{a^3} = C$

$\frac{m-2n}{3n} CQ = -\frac{3}{6} . -\frac{2y^4}{a^3} . \frac{4y^2}{a^2} = \frac{4y^6}{a^5} = D$

$\frac{m-3n}{4n} DQ = -\frac{5}{8} . \frac{4y^6}{a^5} . \frac{4y^2}{a^2} = -\frac{10y^8}{a^7}$ &c.

in infinitum.

Quare $dy\sqrt{(aa+4y)} : a = dy + \frac{2y^2dy}{a^2} - \frac{2y^4dy}{a^4} + \frac{4y^6dy}{a^6} - \frac{10y^8dy}{a^8}$ &c.
cujus integrale $y + \frac{2y^3}{3a^2} - \frac{2y^5}{5a^4} + \frac{4y^7}{7a^6} - \frac{10y^9}{9a^8}$ &c. in infinitum exprimit Tab. I. Fig. 2.
arcum parabolicum AM.

COROLLARIUM. 1.

147. Sint AC & DC ſemiaxes conjugati hyperbolæ æquilateræ; erit AC=DC Tab. II.
$=a$ (§. 505 *part. 1*). Sit CQ= MP= $2y$; Fig.
erit (§. 534. *part. 1*) QM=$\sqrt{(4yy+aa)}$. 24.
Quodſi *qm* intelligatur ipſi QM infinite propinqua; erit $Qq = dy$, adeoque elementum areæ CQMA=$dy\sqrt{(aa+4yy)}$. Pendet itaque rectificatio parabolæ a quadratura ſpatii hyperbolici CQMA.

COROLLARIUM. 2.

148. Sit AMR parabola, cujus parameter AC, & circa communem axem Tab. IV.
deſcripta hyperbola æquilatera ANT, cu- Fig.
jus axis 2CA. Si fiat CQ=AV=QN= 48.
2PM & rectangulum CORA ſpatio curvilineo CQNA æquale; erit AR æqualis arcui AM (§. 146. 147.), conſequenter RV=AM−2PM, ſeu differentia inter ordinatam & arcum reſpondentem, & ORVQ=VNA.

SCHOLION.

149. *Probe notandum eſt, omnes ſummationes reduci ad quadraturas curvarum, quocunque in caſu iisdem utamur. Unde ut ſint perfectæ, in omnibus obſervanda*

Digitized by Google

vanda eſt regula ſupra tradita de quadraturis (§. 109.).

PROBLEMA 49.

150. ***Rectificare parabolam ſecundi generis, ad quam $ax^2=y^3$, ſeu ſumto $a=1$, $x^2=y^3$.***

Quoniam $x^2=y^3$

erit $2xdx=3y^2dy$

$$4x^2dx^2=9y^4dy^2$$

$$dx^2=9y^4dy^2:4x^2=9y^4dy^2:4y^3=\tfrac{9}{4}ydy^2$$

$$\surd(dx^2+dy^2)=\surd(\tfrac{9}{4}ydy^2+dy^2)=\tfrac{1}{2}\surd(9ydy^2+4dy^2)=\tfrac{1}{2}dy\surd(9y+4)$$

Ut elementum integrabile reddatur, fiat

$$\surd(9y+4)=v$$

erit $9y+4=v^2$

$$9dy=2vdv$$

$$\tfrac{1}{2}dy\surd(9y+4)=\tfrac{1}{9}v^2dv$$

$$\int\tfrac{1}{2}dy\surd(9y+4)=\tfrac{1}{27}v^3=\tfrac{1}{27}(9y+4)\surd(9y+4).$$

Ut vero ſumma exprimat longitudinem arcus, fiat $y=0$; erit reſiduum $=\frac{4}{27}\surd 4=\frac{8}{27}$: adeoque arcus $\frac{1}{27}(9y+4)\surd(9y+4)-\frac{8}{27}$ (§. 109).

COROLLARIUM.

151. Sit parameter parabolæ Apollonianæ 1, AP=1, PQ$=\frac{9}{4}y$, erit AQ$=\frac{9}{4}y+1$ &c. ob parametrum 1, $QN^2=\frac{9}{4}y+1=(9y+4):4$ (§. 388 part. 1.), conſequenter $QN=\frac{1}{2}\surd(9y+4)$. Eſt adeo elementum QNnq ſpatii parabolici $PMNQ=\frac{1}{2}dy\surd(9y+4)$: quod diviſum per 1 ſive parametrum dat elementum arcus parabolæ ſecundi generis, ad quam $ax^2=y^3$. Pendet adeo rectificatio a quadratura parabolæ Apollonianæ: quæ cum dari poſſit (§. 103), mirum non eſt, illam quoque rectificabilem eſſe. Tab. II. Fig. 19.

PROBLEMA 50.

152. ***Infinitas parabolas rectificare.***

Si parameter = 1, pro infinitis parabolis (*§. 519 part. 1.*)

$$y^m=x$$

$$my^{m-1}dy=dx$$

$$m^2y^{2m-2}dy^2=dx^2$$

h. e. ſi brevitatis gratia fiat $2m-2=r$

$$m^2y^rdy^2=dx^2$$

$$\surd(dx^2+dy^2)=\surd(m^2y^rdy^2+dy^2)=dy\surd(m^2y^r+1)$$

Ut elementum integrabile reddatur, ex m^2y^r+1 extrahenda eſt radix per theorema generale (§. 99. *part. 1.*); in quo erit

$m=1$, $n=2$, $P=1$, $Q=m^2y^r$

$P^{n:m}=1=A$

$\frac{m}{n}AQ=\frac{1}{2}m^2y^r=B$

peritur $dx:(1+x^2)=dx-x^2dx+x^4dx-x^6dx+x^8dx-x^{10}dx$ &c. adeoque $\int dx:(1+x^2)=x-\frac{1}{3}x^3+\frac{1}{5}x^5-\frac{1}{7}x^7+\frac{1}{9}x^9-\frac{1}{11}x^{11}$ &c. quæ ſeries exprimit ſectorem BCM, ita ut arcus dimidii tangens GB $=x$.

Quando arcus integer BM in quadrantem degenerat; tangens dimidii BG fit radio æqualis (§. 32. *Trig.*). Si ergo pro x ſubſtituatur 1, ſeries $1-\frac{1}{3}+\frac{1}{5}-\frac{1}{7}+\frac{1}{9}-\frac{1}{11}$ &c. in infinit. quadrantem circuli exprimit. Immo totam aream emetitur, ſi 1 denotet diametrum circuli.

Brevius.

Tab. II. Fig. 20. Sit tangens KB $=x$, BC $=1$ & ſecans CA alteri CK infinite propinqua ductusque arculus KL radio CK; erit AK $=dx$, KC $=\surd(1+x^2)$ (§. 417 *Geom.*). Jam cum anguli ad B & L ſint recti (§. 78) & ob angulum infinite parvum KCL angulus BKC $=$ KAC (§. 239 *Geom.* & §. 3. *Analyſ. infinit.*); erit (§. 267 *Geom.*)

$$KC : BC = KA : KL$$
$$\surd(1+x^2) : 1 = dx : \frac{dx}{\surd(1+x^2)}$$

Porro (§. 137. 412 *Geom.*)

$$CK : KL = CM : mM$$
$$\surd(1+x^2) : \frac{dx}{\surd(1+x^2)} = 1 : \frac{dx}{1+x^2}$$

Sector igitur CM$m=\frac{1}{2}dx:(1+x^2)=\frac{1}{2}(dx-x^2dx+x^4dx-x^6dx+x^8dx-x^{10}dx$ &c). Unde per ſummationem eruitur ſector BCM, cujus tangens KB $=x$, $\frac{1}{2}x-\frac{1}{6}x^3+\frac{1}{10}x^5-\frac{1}{14}x^7+\frac{1}{18}x^9-\frac{1}{22}x^{11}$ &c. in infinit. adeoque ſi BM octans circuli ſeu arcus 45°, ſector erit (§. 32. *Trigonom.*) $\frac{1}{2}-\frac{1}{6}+\frac{1}{10}-\frac{1}{14}+\frac{1}{18}-\frac{1}{22}$ &c. infinit. Hujus adeo ſeriei duplum $1-\frac{1}{3}+\frac{1}{5}-\frac{1}{7}+\frac{1}{9}-\frac{1}{11}$ &c. in infinitum eſt quadrans circuli, immo integra area ſi diameter $=1$.

SCHOLION.

115 *Seriem primam invenit* Newtonus, *alteram* Jacobus Gregorius, *& in eandem incidit* Leibnitius *ignorans dubio procul prodituram ſeriem* Gregorianam, *cum ex tangente quæreret aream. Neque enim putandum eſt, quod inventum ſeriei, quam a* Gregorio *repertam non ignorabat, etſi publice non conſtaret, ſibi attribuerit abſque ulla ratione vir probatæ alias candoris. Sed nullum eſt dubium quin ingenioſiſſimus* Leibnitius *methodo ab iis diverſa, quas ego propoſui, ad ſuam pervenerit. Cum enim methodum priorem, in quam incideram ante annos complures, amico percontanti, unde conſtet, (quod* Leibnitius *in actis Eruditorum aſſeruerat)* ſdx $:(1+x^2)$ *dependere a quadratura circuli & quomodo inde eruatur ſeries* Leibnitiana *pro circulo* $1-\frac{1}{3}+\frac{1}{5}-\frac{1}{7}$ &c. *reſponſurus, judicio* Leibnitii *ſubmiſiſſem, eam quidem non im-*

Digitized by Google

improbavit, monuit tamen, totum negotium brevius abſolvi poſſe: unde etiam factum eſt, ut poſtea de breviori cogitarem.

PROBLEMA 41.

Tab. I. Fig. 10. 126. *Ellipſin Apollonianam quadrare.*

Sit AC$=a$, GC$=c$, PC=x; erit (§. 432 *part. 1.*)

$$y^2 = c^2(a^2-x^2):a^2$$

$$y = c\sqrt{(a^2-x^2)}:a$$

Eſt vero $\sqrt{(a^2-x^2)} = a - \frac{x^2}{2a} - \frac{x^4}{8a^3} - \frac{x^6}{16a^5} - \frac{5x^8}{128a^7} - \frac{7x^{10}}{256a^9}$ &c. in infinit. (§. 81. *part. 1.*). Ergo $ydx = cdx - \frac{cx^2dx}{2a^2} - \frac{cx^4dx}{8a^4} - \frac{cx^6dx}{16a^6} - \frac{5cx^8dx}{128a^8} - \frac{7cx^{10}dx}{256a^{10}}$ &c. in infinit. conſequenter $\int ydx = cx - \frac{cx^3}{6a^2} - \frac{cx^5}{40a^4} - \frac{cx^7}{112a^6} - \frac{5cx^9}{1152a^8} - \frac{7cx^{11}}{2816a^{10}}$ &c. in infinit.

Quodſi pro x ponatur a; erit quadrans ellipſis $ac - \frac{1}{6}ac - \frac{1}{40}ac - \frac{1}{112}ac - \frac{5}{1152}ac - \frac{7}{2816}ac$ &c. in infinitum: quæ eadem ſeries integram ellipſis aream exhibet, ſi a axem integrum denotet.

Aliter.

Quoniam elementum Ellipſeos eſt $cdx\sqrt{(a^2-x^2)}:a$; erit ECLR$=\frac{c}{a}\int dx\sqrt{(a^2-x^2)}$. Sed $\int dx\sqrt{(a^2-x^2)}$ =DCLK (§. 124). Eſt itaque $a:c=$ DCLK : ECLR, hoc eſt, area elliptica ECLR eſt ad circularem DCLK ut axis major AB (quæ eſt diameter circuli) ad minorem 2CD (§. 124). Pendet adeo quadratura ellipſeos a quadratura circuli. Tab. II. Fig. 23.

COROLLARIUM 1.

127. Si fiat $\sqrt{ac}=1$, erit area ellipſis $= 1 - \frac{1}{6} - \frac{1}{40} - \frac{1}{112} - \frac{5}{1152} - \frac{7}{2816}$ &c. in infinitum. Patet adeo ellipſin eſſe circulo æqualem, cujus diameter eſt media proportionalis inter axes ellipſis conjugatos (§. 124).

COROLLARIUM 2.

128. Eſt ergo ellipſis ad circulum, cujus diameter axi majori æqualis, ut ac ad a^2 (§. 408 *Geom.*), hoc eſt, ut c ad a (§. 124 *part. 1.*), ſeu ut axis minor ad majorem: quod idem de ſegmentis indefinitis oſtendimus analytice in reſolutione.

COROLLARIUM 3.

129. Data circuli quadratura dabitur etiam quadratura ellipſis & contra.

SCHOLION.

130. *Quamvis circuli integri quadratura finita hactenus dari non potuerit, varias tamen ejus portiones quadrarunt Geometræ. Primam quadraturam par-*

PROBLEMA 43.

133. *Ciſſoidem* Dioclis *quadrare*.

Quoniam $y^2=x^3:(2-x)$, ſi 1 diameter circuli genitoris (§.548 *part.* 1.); erit

$$y=x\sqrt{x}:\sqrt{(1-x)}=x^{3:2}(1-x)^{-1:2}$$

Extrahatur ergo ex $1:\sqrt{(1-x)}$ actu radix per theorema generale (§.98 *part.* 1.) in quo erit $m=-1$, $n=2$, $P=1$, $Q=-x$ & hinc

$$P^{m:n}=1=A$$

$$\frac{m}{n}AQ=-\tfrac{1}{2}.1.-x=\tfrac{1}{2}x=B$$

$$\frac{m-n}{2n}BQ=-\frac{3}{4}.\frac{1}{2}x.-x=\frac{1.3}{2.4}x^2=C$$

$$\frac{m-2n}{3n}CQ=-\frac{5}{6}.\frac{1.3}{2.4}x^2.-x=\frac{1.3.5}{2.4.6}x^3=D$$

$$\frac{m-3n}{4n}DQ=-\frac{7}{8}.\frac{1.3.5}{2.4.6}x^3.-x=\frac{1.3.5.7}{2.4.6.8}x^4$$

&c. in infinitum.

Unde $ydx=x^{3:2}(1-x)^{-1:2}dx=x^{3:2}dx+\tfrac{1}{2}x^{5:2}dx+\frac{1.3}{2.4}x^{7:2}dx+\frac{1.3.5}{2.4.6}x^{9:2}dx+\frac{1.3.5.7}{2.4.6.8}x^{11:2}dx$ &c. cujus ſumma $\tfrac{2}{5}x^{5:2}+\frac{1}{7}x^{7:2}+\frac{1.3}{4.9}x^{9:2}+\frac{1.3.5}{4.6.11}x^{11:2}+\frac{1.3.5.7}{4.6.8.13}x^{13:2}$ &c. in infinitum $=\sqrt{x}\,(\tfrac{2}{5}x^2+\tfrac{1}{7}x^3+\frac{1.3}{4.9}x^4+\frac{1.3.5}{4.6.11}x^5+\frac{1.3.5.7}{4.6.8.13}x^6$ &c. in infinitum) exprimit ſpatium APM.

Aliter.

Sit $AP=x$, $PN=v$, $PM=y$, $AB=a$; Tab. II. Fig. 22. erit (§.548 *part.* 1.)

$$ay^2-xy^2=x^3$$

$$\frac{2ady-2xydy-y^2dx=3x^2dx}{y}$$

$$2(a-x)dy-ydx=3x^2dx:y$$

Quoniam (§.547 *part.* 1.) $x^2=vy$; erit $x^2:y=v$. Fiat præterea $a-x=PB=z$: habebimus

$$2zdy-ydx=3vdx$$

$$2\int zdy-\int ydx=3\int vdx$$

Eſt vero vdx elementum circuli $PNnp$; $\int zdy$ ob $z=PB=OM$ & $dy=mR=oO$ elementum $mMOo$ areæ AMOB & ydx elementum $PMmp$ areæ AMP. Jam quando $\int zdy$ integram aream intra ciſſoidem AI & ejus aſymptotum BH exhibet, etiam $\int ydx$ eſt eadem area, adeoque $\int ydx=\int zdy$, conſequenter $2\int zdy-\int ydx=\int zdy$. Quare cum in eodem caſu $\int vdx$ ſemicirculum producat ANB; erit ob $\int zdy=3\int vdx$ totum ſpatium ciſſoidale in infinitum protenſum ſemicirculi genitoris ANB triplum.

PRO-

Digitized by Google

PROBLEMA 44.

134. *Quadrare Logiſticam* ſeu *Logarithmicam*.

Tab. I. Fig. 8. Sit ſubtangens PT $= a$ (§. 54.), PM$=x$, P$p=dx$; erit (§. cit.)

$$y dx : dy = a$$

$$y dx = a dy$$

$$\int y dx = a y$$

Spatium ergo interminatum H PMI æquatur rectangulo ex PM in PT.

COROLLARIUM 1.

135. Sit QS$=z$; erit ſpatium interminatum ISQH $= az$, conſequenter S MPQ$=ay-az=a(y-z)$, hoc eſt, ſpatium inter duas logiſticæ ſemiordinatas interceptum æquatur rectangulo ex ſubtan gente in differentiam ſemiordinatarum.

COROLLARIUM. 2.

136. Eſt itaque ſpatium BAPM ad ſpatium PMSQ ut differentia ſemiordinatarum AB & PM ad differentiam ſemiordinatarum PM & SQ (§. *prac.* & §. 124. *part. I.*).

PROBLEMA 45.

137. *Quadrare ſpirales.*

Tab. I. Fig. 6. Sint omnia ut in problemate 8. (§. 50); erit arculus EG$=y dx : a$, qui ductus in $\frac{1}{2}$ AG producit ſectorem infinite parvum GAE$=y^2 dx : 2a$ (§. 435 *Geom.*). Eſt autem pro ſpirali Archimedea

$$ax = by$$

$$a^2 x^2 : b^2 = y^2$$

$$y^2 dx : 2a = a x^2 dx : 2b^2$$

$$\int y^2 dx : 2a = a x^3 : 6b^2$$

Quodſi pro arcu x ponatur integra peripheria b; erit ſpatium ſpirale integrum $\frac{1}{6} ab$. Similiter pro infinitis ſpiralibus ad circulum relatis (§. 572. *part. I.*)

$$a^m x^n = b^n y^m$$

$$a^m x^n : b^n = y^m$$

$$a x^{n:m} : b^{n:m} = y$$

$$a^2 x^{2n:m} : b^{2n:m} = y^2$$

$$y^2 dx : 2a = a x^{2n:m} dx : 2b^{2n:m}$$

$$\int y^2 dx : 2a = m a x^{2n+m:m} : (4n+2m) b^{2n:m}$$

Quare ſi pro x ponatur integra peripheria circuli b, prodibit pro ſpatiis ſpiralibus integris $mab^{2n:m+1} : (4n+2m) b^{2n:m} = mab : (4n+2m)$.

Quodſi ponamus arcum BC eſſe ad CF ut abſciſſa ad ſemiordinatam in curva aliqua algebraica, eodem modo reperitur ſpatium ſpirale. Sit enim e. gr. BC ad CF ut abſciſſa parabolæ ad ſemiordinatam, erit (ſumto r pro parametro)

$rx=$

$$rx = a^2 - 2ay + yy$$

$$dx = (2ydy - 2ady) : r$$
$$y^2 dx : 2a = (y^3 dy - ay^2 dy) : ar$$

$$\int y^2 dx : 2a = y^4 : 4ar - y^3 : 3r$$

Nec abſimili modo invenitur ſpatium inter arcum BC & ſpiralem BF comprehenſum: cujus elementum eſt trapezium CFID $= (CD + FI) \frac{1}{2} FC$ (*§.* 400 *Geom.*). Eſt vero $CD = dx$, $FI = ydx : a$, $FC = a - y$, adeoque $CFID = (dx + ydx : a)(\frac{1}{2}a - y) = (a^2 dx - y^2 dx) : 2a$.

Si jam ſpiralis ſit parabolica, pro dx ſubſtituatur valor ipſius $(2ydy - 2ady) : r$; erit elementum ſpeciale $(ay^2dy + a^2ydy - y^3dy - a^3dy) : ar$, cujus ſumma $y^3 : 3r + ay^2 : 2r - y^4 : ar - a^2 y : r$ eſt ſpatium quæſitum BFC.

PROBLEMA 46.

Tab. I. Fig. 5. 138. *Quadrare Conchoidem Nicomedis.*

Sit $AP = x$, $PM = y$, $BC = b$, $AB = a$ & OQ ad PM perpendicularis: erit $PB = OQ = a - x$, $PC = a + b - x$. Quoniam OQ & BA perpendiculares ad PM *per hypoth.* erunt inter ſe parallelæ (*§.* 256 *Geom.*), conſequenter (§. 258 *Geom.*)

$$PC : PM = OQ : OM$$
$$a + b - x : y = a - x :$$

& hinc $OM = y(a - x) : (a + b - x)$ adeoque $OM^2 = y^2(a - x)^2 : (a + b - x)^2$. Porro $OQ^2 = (a - x)^2$ & $QM^2 = AB^2$ (*§.* 352 *part. 1.*) $= a^2$. Quare (§. 417 *Geom.*)

$$a^2 = a^2 - 2ax + x^2 + \frac{y^2(a - x)^2}{(a + b - x)^2}$$

$$2ax - x^2 = y^2(a - x)^2 : (a + b - x)^2$$

$$\sqrt{(2ax - x^2)} = y(a - x) : (a + b - x)$$

$$y = \frac{a + b - x}{a - x} \sqrt{(2ax - x^2)}.$$

Habemus itaque elementum areæ $PpMm = ydx = \frac{a + b - x}{a - x} dx \sqrt{(2ax - x^2)}$, nec alia re opus eſt, quam ut $\sqrt{(2ax - x^2)}$ reſolvatur in ſeriem (§. 98 *part. 1.*), ſeries hæc porro ducatur in $a + b - x$ & factum tandem dividatur per $a - x$. Ita enim obtinetur ſeries, quæ ſingulis terminis in dx ductis exprimit elementum areæ atque eodem, quo ante, modo ſummatur. Ne calculus perplexus tyrones turbet, ſumamus caſum ſimpliciſſimum, in quo eſt $b = a$, adeoque $a + b = 2a$, & ne $\sqrt{2}$ toties ſit ſcribenda, ponamus $2a = c$, ut ſit $a = \frac{1}{2}c$: erit $ydx = \frac{c - x}{\frac{1}{2}c - x} dx \sqrt{(cx - x^2)}$. Eſt autem

$\surd(cx-x^2)$ ſemiordinata circuli, cujus diameter c, atque adeo coincidit reſolutio in ſeriem cum ea, quam dedimus paulo ante (§.124), niſi quod ibidem ſuppoſuerimus $c=1$. Quoniam tamen hic conſultius eſt c retineri & in reſolutione in gratiam operationum ſequentium quædam notanda ſunt; ideo noninconſultum ducimus vi theorematis *Newtoniani* (§.98 *part.1.*) reſolutionem ipſam inſtituere. Erit itaque

$m=1, n=2, P=cx, Q=-x^2:cx=-x:c=-c^{-1}x$ (§. 54. 55 *part. 1*), adeoque

$P^{m:n}=c^{1:2}x^{1:2}=A$

$\frac{m}{n}AQ=\frac{1}{2}c^{1:2}x^{1:2}.-c^{-1}x=-\frac{1}{2}c^{-1:2}x^{3:2}=B$

$\frac{m-n}{2n}BQ=-\frac{1}{4}.-\frac{1}{2}c^{-1:2}x^{3:2}.-c^{-1}x=-\frac{1}{8}c^{-3:2}x^{5:2}=C$

$\frac{m-2n}{3n}CQ=-\frac{3}{6}.-\frac{1}{8}c^{-3:2}x^{5:2}.-c^{-1}x=-\frac{1}{16}c^{-5:2}x^{7:2}=D$

$\frac{m-3n}{4n}DQ=-\frac{5}{8}.-\frac{1}{16}c^{-5:2}x^{7:2}.c^{-1}x=-\frac{5}{128}c^{-7:2}x^{9:2}$ &c.

Eſt itaque $\surd(cx-x^2)=c^{1:2}x^{1:2}-\frac{1}{2}c^{-1:2}x^{3:2}-\frac{1}{8}c^{-3:2}x^{5:2}-\frac{1}{16}c^{-5:2}x^{7:2}-\frac{5}{128}c^{-7:2}x^{9:2}$ &c. in infinitum.

Quodſi hanc ſeriem multiplices per $c-x$, prodibit $(c-x)\surd(cx-x^2)=2c^{1:2}x^{1:2}+c^{-1:2}x^{3:2}+\frac{11}{4}c^{-3:2}x^{5:2}+\frac{45}{8}c^{-5:2}x^{7:2}+\frac{723}{64}c^{7:2}x^{9:2}$ &c. in infinitum.

Multiplicatio & diviſio modo ordinario inſtituitur. Etenim ſi ſeriem multiplices per c, prodit $c^{3:2}x^{1:2}-\frac{1}{2}c^{1:2}x^{3:2}-\frac{1}{8}c^{-1:2}x^{5:2}-\frac{1}{16}c^{-3:2}x^{7:2}-\frac{5}{128}c^{-5:2}x^{9:2}$ &c. in infinit. Si porro eandem ducas in $-x$, prodit $-c^{1:2}x^{3:2}+\frac{1}{2}c^{-1:2}x^{5:2}+\frac{1}{8}c^{-3:2}x^{7:2}+\frac{1}{16}c^{-5:2}x^{9:2}$ &c. Quodſi terminos homogeneos in unam ſummam colligas, obtinetur ſeries $c^{3:2}x^{1:2}-\frac{3}{2}c^{1:2}x^{3:2}+\frac{3}{8}c^{-1:2}x^{5:2}+\frac{1}{16}c^{-3:2}x^{7:2}+\frac{1}{128}c^{-5:2}x^{9:2}$ &c. Hac porro diviſa per $\frac{1}{2}c-x$ (§. 40. part. 1), prodit quotus $2c^{1:2}x^{1:2}+c^{-1:2}x^{3:2}+\frac{11}{4}c^{-3:2}x^{5:2}+\frac{45}{8}c^{-5:2}x^{7:2}+\frac{723}{64}c^{-7:2}x^{9:2}$ &c.

Eſt adeo elementum areæ Conchoidis $2c^{1:2}x^{1:2}dx+c^{-1:2}x^{3:2}dx+\frac{11}{4}c^{-3:2}x^{5:2}dx+\frac{45}{8}c^{-5:2}x^{7:2}dx+\frac{723}{64}c^{-7:2}x^{9:2}dx$ &c. in infinit.

Qare area $AMP=\frac{4}{3}c^{1:2}x^{3:2}+\frac{2}{5}c^{-1:2}x^{5:2}+\frac{11}{14}c^{-3:2}x^{7:2}+\frac{5}{4}c^{-5:2}x^{9:2}+\frac{723}{352}c^{-7:2}x^{9:2}$ &c. in infin.

PROBLEMA 47.

139. *Invenire rationem, quam habent ſpatia curvilinea juxta axem eundem vel axes æquales deſcripta, ſemiordinatis correſpondentibus rationem conſtantem habentibus.*

Sit elementum ſpatii curvilinei unius

unius $= y dx$. Quoniam ordinatæ ad æquales partes axis continuo applicantur, *per hypoth.* erit elementum ſpatii alterius $z dx$, poſita nempe ſemiordinata hujus z, abſciſſa communi x. Sed cum in ſingulis elementis eadem ſemper ſit ratio ipſius y ad z, *per hypoth.* erit $\int y dx : \int z dx = y dx : z dx$ (*§*. 187 *Arithm.*) $= y : z$ (*§*.181 *Arithm.*).

Theorema. Spatia curvilinea æque alta habent rationem baſium, quibus inſiſtunt, ſi ſemiordinatæ correſpondentes fuerint in ratione conſtante.

COROLLARIUM 1.

Tab. II. Fig. 23. 140. Quare ſi ARB fuerit ſemiellipſis; AKB ſemicirculus & KL ad AB perpendicularis; erit KL ad RL in ratione conſtante DC ad CE (*§*. 598 *part.1.*), adeoque ſegmentum circulare BKL ad ſegmentum ellipticum BRL ut KL ad RL.

COROLLARIUM 2.

141. Quodſi ex foco F ducantur rectæ FR & FK, erunt quoque triangula FKL & FRL ut KL ad RL (*§*.389 *Geom.*). Quamobrem ſector circularis BFK eſt ad ſectorem ellipticum RFB ut KL ad RL (*§*.187 *Arithm.*). Cum itaque KL : RL = CD : CE (§. 598 *part.1.*) & ut CD ad CE ita circulus integer ad ellipſin integram (*§*. 124); erit quoque ſector KFB ad ſectorem RFB ut circulus ad ellipſin (§. 167. *Arithm.*), conſequenter ut ſector KFB ad aream integri circuli, ita ſector RFB ad integram ellipſis aream (§. 173 *Arithm.*).

SCHOLION.

142. *Quoniam ſectores ex arcuum elementis derivantur; de iis quadrandis agemus capite ſequente, ubi arcuum rectificatio docetur.*

CAPUT III.
DE USU CALCULI INTEGRALIS IN RECTIFICATIONE CURVARUM.

DEFINITIO 7.

143. Rectificatio curvæ eſt inventio rectæ, cui æqualis eſt linea curva.

COROLLARIUM.

144. Cum linea curva concipiatur conſtare ex innumeris lineolis rectis infinite exiguis; ſi una earum inveniatur per calculum differentialem, ſumma dabit longitudinem curvæ. Nimirum cum ex ſuperioribus conſtet, eſſe $MR = dx$, $mR = dy$ (§.20.); erit Mm ſeu elementum curvæ $\sqrt{(dx^2 + dy^2)}$ (§. 417. *Geom.*). Quodſi itaque ex æquatione differentiali ad curvam ſpecialem ſubſtituatur valor vel ipſius dx^2, vel ipſius dy^2; habetur elemen-

elementum ſpeciale: quod integratum prodit longitudinem curvæ.

SCHOLION.

145. *Interdum elementum curvæ commodius ex circumſtantiis ſpecialibus eruitur, prout exempla mox afferenda loquentur.*

PRBOLEMA 48.

146. *Parabolam rectificare.*

Pro parabola $adx = 2ydy$ (§. 21.)

$$a^2dx^2 = 4y^2dy^2$$

$$dx^2 = 4y^2dy^2 : a^2$$

$$\sqrt{(dx^2+dy^2)} = \sqrt{(dy^2+4y^2dy^2:a^2)} = dy\sqrt{(aa+4yy)}:a.$$

Ut hoc elementum curvæ integrabile fiat, reſolvatur in ſeriem infinitam (§. 99. *part. 1.*); erit in theoremate generali

$n=2 \quad m=1 \quad P=a^2 \quad Q=4y^2:a^2$

$P^{m:n}=a=A$

$\frac{m}{n}AQ = \frac{1}{2}a . 4y^2 : a^2 = 2y^2 : a = B$

$\frac{m-n}{2n}BQ = -\frac{1}{4} . \frac{2y^2}{a} . \frac{4y^2}{a^2} = -\frac{2y^4}{a^3} = C$

$\frac{m-2n}{3n}CQ = -\frac{3}{6} . -\frac{2y^4}{a^3} . \frac{4y^2}{a^2} = \frac{4y^6}{a^5} = D$

$\frac{m-3n}{4n}DQ = -\frac{5}{8} . \frac{4y^6}{a^5} . \frac{4y^2}{a^2} = -\frac{10y^8}{a^7}$ &c. in infinitum.

Quare $dy\sqrt{(aa+4y)} : a = dy + \frac{2y^2dy}{a^2} - \frac{2y^4dy}{a^4} + \frac{4y^6dy}{a^6} - \frac{10y^8dy}{a^8}$ &c. cujus integrale $y + \frac{2y^3}{3a^2} - \frac{2y^5}{5a^4} + \frac{4y^7}{7a^6} - \frac{10y^9}{9a^8}$ &c. in infinitum exprimit arcum parabolicum AM. Tab. I. Fig. 2.

COROLLARIUM 1.

147. Sint AC & DC ſemiaxes conjugati hyperbolæ æquilateræ; erit AC=DC =a (§. 505 *part. 1*). Sit CQ=MP=$2y$; erit (§. 534. *part. 1*) QM=$\sqrt{(4yy+aa)}$. Quodſi qm intelligatur ipſi QM infinite propinqua; erit Qq=dy, adeoque elementum areæ CQMA=$dy\sqrt{(aa+4yy)}$. Pendet itaque rectificatio parabolæ a quadratura ſpatii hyperbolici CQMA. Tab. II. Fig. 24.

COROLLARIUM 2.

148. Sit AMR parabola, cujus parameter AC, & circa communem axem deſcripta hyperbola æquilatera ANT, cujus axis 2CA. Si fiat CQ=AV=QN=2PM & rectangulum CORA ſpatio curvilineo CQNA æquale; erit AR æqualis arcui AM (§. 146. 147.), conſequenter RV=AM−2PM, ſeu differentia inter ordinatam & arcum reſpondentem, & ORVQ=VNA. Tab. IV. Fig. 48.

SCHOLION.

149. *Probe notandum eſt, omnes ſummationes reduci ad quadraturas curvarum, quocunque in caſu iisdem utamur. Unde ut ſint perfectæ, in omnibus obſervanda*

Digitized by Google

vanda eſt regula ſupra tradita de quadraturis (§.109.).

PROBLEMA 49.

150. ***Rectificare parabolam ſecundi generis, ad quam*** $ax^2=y^3$, ***ſeu ſumto*** $a=1$, $x^2=y^3$.

Quoniam $x^2=y^3$

erit $2xdx=3y^2dy$

$$4x^2dx^2=9y^4dy^2$$

$$dx^2=9y^4dy^2:4x^2=9y^4dy^2:4y^3=\tfrac{9}{4}ydy^2$$

$$\surd(dx^2+dy^2)=\surd(\tfrac{9}{4}ydy^2+dy^2)=\tfrac{1}{2}\surd(9ydy^2+4dy^2)=\tfrac{1}{2}dy\surd(9y+4)$$

Ut elementum integrabile reddatur, fiat

$$\surd(9y+4)=v$$

erit $9y+4=v^2$

$$9dy=2vdv$$

$$\tfrac{1}{2}dy\surd(9y+4)=\tfrac{1}{9}v^2dv$$

$$\int\tfrac{1}{2}dy\surd(9y+4)=\tfrac{1}{27}v^3=\tfrac{1}{27}(9y+4)\surd(9y+4).$$

Ut vero ſumma exprimat longitudinem arcus, fiat $y=0$; erit reſiduum $=\frac{4}{27}\surd 4=\frac{8}{27}$: adeoque arcus $\frac{1}{27}(9y+4)\surd(9y+4)-\frac{8}{27}$ (§. 109).

COROLLARIUM.

151. Sit parameter parabolæ Apollonianæ 1, AP=1, PQ=$\frac{9}{4}y$, erit AQ=$\frac{9}{4}y+1$ & ob parametrum 1, QN²=$\frac{9}{4}y+1=(9y+4):4$ (§. 388 part. 1.), conſequenter QN=$\frac{1}{2}\surd(9y+4)$. Eſt adeo elementum QNnq ſpatii parabolici PMNQ=$\frac{1}{2}dy\surd(9y+4)$: quod diviſum per 1 ſive parametrum dat elementum arcus parabolæ ſecundi generis, ad quam $ax^2=y^3$. Pendet adeo rectificatio a quadratura parabolæ Apollonianæ: quæ cum dari poſſit (§ 103), mirum non eſt, illam quoque rectificabilem eſſe. Tab. II. Fig. 19.

PROBLEMA 50.

152. *Infinitas parabolas rectificare.*

Si parameter = 1, pro infinitis parabolis (*§. 519 part. 1.*)

$$y^m=x$$

$$my^{m-1}dy=dx$$

$$m^2y^{2m-2}dy^2=dx^2$$

h. e. ſi brevitatis gratia fiat $2m-2=r$

$$m^2y^rdy^2=dx^2$$

$$\surd(dx^2+dy^2)=\surd(m^2y^rdy^2+dy^2)=dy\surd(m^2y^r+1)$$

Ut elementum integrabile reddatur, ex m^2y^r+1 extrahenda eſt radix per theorema generale (§. 99. *part. 1.*); in quo erit

$m=1$, $n=2$, P=1, Q=m^2y^r

$P^{n:m}=1=A$

$\frac{m}{n}AQ=\frac{1}{2}m^2y^r=B$

$\frac{m-n}{2n}BQ = -\frac{1}{4}\cdot\frac{1}{2}m^2y^r\cdot m^2y^r = -\frac{1}{2.4}m^4y^{2r} = C$

$\frac{m-2n}{3n}CQ = -\frac{3}{8}\cdot -\frac{1}{2.4}m^4y^{2r}\cdot m^2y^r = +\frac{1.3}{2.4.6}m^6y^{3r} = D.$

$\frac{m-3n}{4n}DQ = -\frac{5}{8}\cdot\frac{1.3}{2.4.6}m^6y^{3r}\cdot m^2y^r = -\frac{1.3.5}{2.4.6.8}m^8y^{4r} = E$

$\frac{m-4n}{5n}EQ = -\frac{7}{10}\cdot -\frac{1.3.5}{2.4.6.8}m^8y^{4r}\cdot m^2y^r = +\frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.10}m^{10}y^{5r}$ &c: in infinitum.

Habemus itaque $dy\sqrt{(1+m^2y^r)} = dy + \frac{1}{2}m^2y^r dy - \frac{1}{2.4}m^4y^{2r}dy + \frac{1.3}{2.4.6}m^6y^{3r}dy - \frac{1.3.5}{2.4.6.8}m^8y^{4r}dy + \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.10}m^{10}y^{5r}dy$ &c. in infinit. cujus integrale $y + \frac{1}{2(r+1)}m^2y^{r+1} - \frac{1}{2.4(2r+1)}m^4y^{2r+1} + \frac{1}{2.4.6(3r+1)}m^6y^{3r+1} - \frac{1}{2.4.6}\,\frac{3.5}{8(4r+1)}m^8y^{4r+1} + \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.10(5r+1)}m^{10}y^{5r+1}$. &c. in infinitum indefinite exprimit arcum parabolicum cujuscunque generis.

Quodſi pro r ſubſtituatur valor ipſius $2m-2$; prodibit idem arcus $= y + \frac{1}{2(2m-1)}m^2y^{2m-1} - \frac{1}{2.4(4m-3)}m^4y^{4m-3} + \frac{1.3}{2.4.6(6m-5)}m^6y^{6m-5} - \frac{1.3.5}{2.4.6.8(8m-7)}m^8y^{8m-7} + \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.10(10m-9)}m^{10}y^{10m-9}$ &c. in infinitum.

PROBLEMA 51.

153. *Dato ſinu* PQ *arcus* AP *invenire arcum* AP. Tab. I. Fig. 7.

Sit radius AI = 1, PQ = y, AQ = x; erit (§. 377. *part. 1.*)

$$2x - xx = yy$$

$$2dx - 2xdx = 2ydy$$

$$dx = ydy : (1-x)$$

$$dx^2 = y^2dy^2 : (1-2x+xx) = y^2dy^2 : (1-y^2)$$

$$dx^2 + dy^2 = \frac{y^2dy^2}{1-y^2} + dy^2 = (y^2dy^2 + dy^2 - y^2dy^2) : (1-y^2) = dy^2 : (1-y^2)$$

$$\sqrt{(dx^2+dy^2)} = dy : \sqrt{(1-y^2)} = dy\,(1-y^2)^{-1:2}.$$

Reſolvatur hoc elementum in ſeriem infinitam per extractionem radicis vi theorematis generalis (§: 99 part. 1), in quo erit

$m=$

$m=-1,\ n=2,\ P=1,\ Q=-y^2.$

$P^{m:n}=1=A$

$\frac{m}{n}AQ=-\frac{1}{2}.1.-y^2=\frac{1}{2}y^2=B$

$\frac{m-n}{2n}BQ=-\frac{3}{4}.\frac{1}{2}y^2.-y^2=\frac{1.3}{2.4}y^4=C$

$\frac{m-2n}{3n}CQ=-\frac{5}{6}.\frac{1.3}{2.4}y^4.-y^2=\frac{1.3.5}{2.4.6}y^6=D$

$\frac{m-3n}{4n}DQ=-\frac{7.1.3.5}{8.2.4.6}y^6.-y^2=\frac{1.3.5.7}{2.4.6.8}y^8$ &c. in infinitum.

Eſt adeo $dy:\surd(1-y^2)=dy+\frac{1}{2}y^2dy+\frac{1.3}{2.4}y^4dy+\frac{1.3.5}{2.4.6}y^6dy+\frac{1.3.5.7}{2.4.6.8}y^8dy$ &c in infinitum, cujus integrale $y+\frac{1}{2.3}y^3+\frac{1.3}{2.4.5}y^5+\frac{1.3.5}{2.4.6.7}y^7+\frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.9}y^9$ &c, eſt arcus AP, cujus ſinus PQ=y, ſinu toto exiſtente 1. Si terminus primus dicatur A, ſecundus B, tertius C, quartus D &c. & ſecundus multiplicetur per $\frac{1}{1}$, tertius per $\frac{3}{3}$, quartus per $\frac{3.5}{3.5}$, quintus per $\frac{3.5.7}{3.5.7}$ &c. cum ſit

$A=y$

$B=\frac{1}{2.3}y^3=\frac{1.1}{2.3}Ay^2$

$C=\frac{1.3}{2.4.5}y^5=\frac{1.3.3}{2.3.4.5}y^5=\frac{3.3}{4.5}By^2$

$D=\frac{1.3.5}{2.4.6.7}y^7=\frac{1.3.3.5.5}{2.3.4.5.6.7}y^7=\frac{5.5}{6.7}Cy^2$

$E=\frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.9}y^9=\frac{1.3.3.5.5.7.7}{2.3.4.5.6.7.8.9}y^9=\frac{7.7}{8.9}Dy^2$

ſeries inventa in hanc degenerat: $y+\frac{1.1}{2.3}Ay^2+\frac{3.3}{4.5}By^2+\frac{5.5}{6.7}Cy^2+\frac{7.7}{8.9}Dy^2$ &c.

Si Coſinus QI = x; erit (§. 417. *Geom.*) PQ=$\surd(1-xx)$. Sit pq ipſi PQ infinite propinqua & PO ad pq perpendicularis cum anguli Q & q ſint recti *per hyp.* PQ=Qq=dx & $\Delta\Delta p$OP atque PQI rectangula. Quare cum OPQ ſit rectus (§. 230 *Geom.*) & PpI itidem rectus (§. 38.); erit etiam PpO=IPQ (§. 91 *Arithm.*), conſequenter (§. 267. *Geom.*)

$$PQ : PI = PO : Pp$$
$$\surd(1-xx) : 1 = dx : \frac{dx}{\surd(1-xx)}$$

Cum adeo hoc elementum coincidat cum anteriore evidens eſt, ſi in ſerie anteriore pro y ſubſtituatur x, prodire ſeriem pro arcu, qui eſt illius complementum ad 90°.

COROL-

Digitized by Google

COROLLARIUM I.

Tab. II. Fig. 20. 154. Quoniam elementum arcus $Mm = dy : \surd(1-y^2)$, ſi $MC=1$, $PM=y$ (§.143); erit ſector elementaris $MCm = dy : 2\surd(1-y^2)$ (§.435 *Geom.*), conſequenter ſector $BCM = \frac{1}{2}\int dy : \surd(1-y^2) = \frac{1}{2}y + \frac{1}{4\cdot 3}y^3 + \frac{1\cdot 3}{4\cdot 4\cdot 5}y^5 + \frac{1\cdot 3\cdot 5}{4\cdot 4\cdot 6\cdot 7}y^7 + \frac{1\cdot 3\cdot 5\cdot 7}{4\cdot 4\cdot 6\cdot 8\cdot 9}y^9$ &c. in infinit.

COROLLARIUM 2.

155. Quodſi $MC=1$, $PC=y$, erit denuo $Mm = dy : \surd(1-y^2)$ (§.153) conſequenter & $MCm = dy : 2\surd(1-y^2)$. Summa vero exhibet ſectorem MCO.

COROLLARIUM 3.

156. Si fiat $y=1$, ſector BCM vel MCO degenerat in quadrantem, qui adeo erit $= \frac{1}{2} + \frac{1}{4\cdot 3} + \frac{3}{4\cdot 4\cdot 5} + \frac{3\cdot 5}{4\cdot 4\cdot 6\cdot 7} + \frac{1\cdot 3\cdot 5\cdot 7}{4\cdot 4\cdot 6\cdot 8\cdot 9}$ &c. ſive $\frac{1}{2} + \frac{1}{12} + \frac{3}{80} + \frac{5}{224} + \frac{35}{2304}$ &c. in infinit. Eadem ſeries integrum circulum exprimit, ſi fuerit diameter $=1$.

PROBLEMA 52.

Tab. I. Fig. 7. 157. *Dato ſinu verſo* AQ *invenire arcum* AP.

Sit $AQ=x$, diameter $AB=1$, erit $QP=\surd(x-xx)$ (§.377 *part. 1*) & *vi probl. præc.* $Pp = dx : 2\surd(x-xx) = \frac{1}{2}dx(x-xx)^{-1:2}$. Cum adeo ſit in theoremate generali (§.99 *part. 1*) $m=-1$, $n=2$, $P=x$, $Q=-x$; erit $P^{m:n} = x^{-1:2} = A$

$$\frac{m}{n}AQ = -\tfrac{1}{2}x^{-1:2}.-x = \tfrac{1}{2}x^{1:2} = B$$

$$\frac{m-n}{2n}BQ = -\tfrac{3}{4}.\tfrac{1}{2}x^{1:2}.-x = \frac{1.3}{2.4}x^{3:2} = C$$

$$\frac{m-2n}{3n}CQ = -\frac{5.1.3}{6.2.4}x^{3:2}.-x = \frac{1.3.5}{2.4.6}x^{5:2} = D$$

$$\frac{m-3n}{4n}DQ = -\frac{7.1.3.5}{8.2.4.6}x^{5:2}.-x = \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8}x^{7:2}$$ &c. in infinitum.

Hinc $\frac{1}{2}dx : \surd(x-xx) = \frac{1}{2}x^{-1:2}dx + \frac{1}{4}x^{1:2}dx + \frac{1.3}{4.4}x^{3:2}dx + \frac{1.3.5}{4.4.6}x^{5:2}dx + \frac{1.3.5.7}{4.4.6.8}x^{7:2}dx$ &c. in infinitum, cujus integrale $x^{1:2} + \frac{1}{2.3}x^{3:2} + \frac{1.3}{2.4.5}x^{5:2} + \frac{1.3.5}{2.4.6.7}x^{7:2} + \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.9}x^{9:2}$ &c. in infinitum, ſeu $\surd x(1 + \frac{1}{2.3}x + \frac{1.3}{2.4.5}x^2 + \frac{1.3.5}{2.4.6.7}x^3 + \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.9}x^4$ &c in infinitum exprimit arcum AP, quia $x^{1:2} = \surd x$.

PROBLEMA 53.

Tab. II. Fig. 20. 185. *Data tangente* BK *invenire arcum* BM.

Sit

Digitized by Google

Sit tangens BK$=x$, radius BC$=1$, erit M$m = dx:(1+x^2) = dx - x^2dx + x^4dx - x^6dx + x^8dx - x^{10}dx$ &c. in infinitum (§. 124). Hujus ſeriei ſumma $x - \frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{5}x^5 - \frac{1}{7}x^7 + \frac{1}{9}x^9 - \frac{1}{11}x^{11}$ &c. in infinitum dat arcum BM.

Cum tangens 45° ſit radio æqualis (§. 32. *Trigon.*) ſi pro x ponatur 1; prodibit arcus 45° ſeu dimidius quadrans $\frac{1}{1} - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \frac{1}{11}$ &c. in infinitum, quæ eadem ſeries quadranti ſatisfacit, ſi diameter$=1$.

PROBLEMA 54.

Tab.
II. 160. *Dato arcu* BM *invenire ſinum* PM.
Fig.
20. Sit ſinus PM$=y$, radius BC$=1$, arcus BM$=v$; erit $v = y + \frac{1}{6}y^3 + \frac{3}{40}y^5$ &c. in infinitum (§. 156). Valor ipſius y invenietur extrahendo radicem ex $y + \frac{1}{6}y^3 + \frac{3}{40}y^5$ &c. in infinitum. Eſt nimirum in theoremate generali (§. 366. *part.* 1) $a=1$, $c=\frac{1}{6}$, $c=\frac{3}{40}$ &c. adeoque

$$v:a=v$$

$$-arv^3:a^5 = -\tfrac{1}{6}v^3$$

$$+(3a^2c^2 - a^3c)v^5:a^9 = (\tfrac{3}{36} - \tfrac{3}{40})v^5 = (\tfrac{1}{12} - \tfrac{3}{40})v^5 = \frac{40-36}{12.40}v^5 = \frac{4}{12.40}v^5 = \tfrac{1}{120}v^5.$$

Hinc $y = v - \frac{1}{6}v^3 + \frac{1}{120}v^5$ &c. in infinitum $= \frac{1}{1}v - \frac{1}{1.2.3}v^3 + \frac{1}{1.2.3.4.5}v^5$ &c. in infinitum: unde lex progreſſionis manifeſta eſt. Nimirum $y = v - \frac{1}{1.2.3}v^3 + \frac{1}{1.2.3.4.5}v^5 + \frac{1}{1.2.3.4.5.6.7}v^7 - \frac{1}{1.2.3.4.5.6.7.8.9}v^9$ &c.

Quodſi theorema generale ſupponere non libet, reperietur valor ipſius y eodem modo, quo (§. 366 *part.* 1.) theorema generale inveſtigavimus. Sit nempe

$$y = av + bv^3 + cv^5 + dv^7 + \text{\&c.}$$

erit (§. 95. *part.* 1.)

$$y^3 = a^3v^3 + 3a^2bv^5 + 3ab^2v^7 + \text{\&c.}$$
$$+ 3a^2cv^7 + \text{\&c.}$$
$$y^5 = a^5v^5 + 5a^4bv^7 + \text{\&c.}$$
$$y^7 = a^7v^7 + \text{\&c.}$$

Habemus itaque

$$y = av + bv^3 + cv^5 + dv^7 \text{ \&c.}$$
$$\tfrac{1}{6}y^3 = + \tfrac{1}{6}v^3 + \tfrac{1}{2}a^2bv^5 + \tfrac{1}{2}ab^2v^7 \text{ \&c.}$$
$$+ \tfrac{1}{2}a^2cv^7$$
$$\tfrac{3}{40}y^5 = + \tfrac{3}{40}a^5v^5 + \tfrac{3}{8}a^4bv^7 \text{ \&c.}$$
$$\tfrac{5}{112}y^7 = \tfrac{5}{112}a^7y^7 \text{ \&c.}$$
$$-v = -v$$

$$a - 1 = 0 \qquad b + \tfrac{1}{6} = 0$$

$$a = 1 \qquad b = -\tfrac{1}{6}$$

$$c + \tfrac{1}{2}a^2b + \tfrac{3}{40}a^5 = 0$$

h. e. $c - \frac{1}{12} + \frac{3}{40} = 0$

$$c = \tfrac{1}{12} - \tfrac{3}{40}$$
$$= \frac{40 - 36}{12.40}$$
$$= \tfrac{1}{120}$$

(*Wolfii Math. Tom. I.*) Gggg $d + \frac{1}{3}$

$$d + \tfrac{1}{2}ab^2 + \tfrac{1}{2}a^2c + \tfrac{3}{8}a^4b + \tfrac{5}{112}a^7 = 0$$

h. e $d + \frac{1}{2} + \frac{1}{240} - \frac{1}{18} + \frac{5}{112} = 0$

ſeu $d + \frac{1}{5040} = 0$

$$d = -\tfrac{1}{5040}$$

Nimirum $\frac{1}{72} + \frac{1}{240} = \frac{13}{720}$, $\frac{13}{720} - \frac{1}{18} = -\frac{2}{45}$ tandem $\frac{5}{112} - \frac{2}{45} = \frac{1}{5040}$.

Habemus itaque ut ante $y = v - \frac{1}{6}v^3 + \frac{1}{120}v^5 - \frac{1}{5040}v^7$ &c. in infin.

PROBLEMA 55.

161. *Dato arcu* BM *invenire tangentem* BK.

Tab. II. Fig. 20. Sit tangens $= x$, radius $= 1$, arcus $= v$; erit (§. 158.) $v = x - \frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{5}x^5 - \frac{1}{7}x^7 + \frac{1}{9}x^9 - \frac{1}{11}x^{11}$ &c. Unde eodem modo, quo in problemate præcedente, reperitur $x = v + \frac{1}{3}v^3 + \frac{2}{15}v^5$ &c. (§. 366. *part. 1*).

Eſt nimirum vi theorematis generalis $x = \frac{v}{a} + \frac{2b^2 - ac}{a^5}v^3 + \frac{14b^4 + 6a^2bd - 21ab^2c + 3a^2c^2 - a^3e}{a^4}v^5$ &c.

Jam vero $a = 1$, $b = 0$, $c = \frac{1}{3}$, $d = 0$, $e = \frac{1}{5}$ per legem comparationis, adeoque

$$\frac{-ac}{a^5} = -\tfrac{1}{3}$$

$$c = +\tfrac{1}{3}$$

$$3a^2c^2 - a^3e = \tfrac{1}{?}$$

h. c. $\frac{3}{9} - e = \frac{1}{5}$

$$e = \tfrac{3}{9} - \tfrac{1}{5}$$
$$= \tfrac{1}{3} - \tfrac{1}{5}$$
$$= \frac{5 - 3}{15} = \tfrac{2}{15}$$

Quare $x = v + \frac{1}{3}v^3 + \frac{2}{15}v^5$ &c.

Poteſt etiam valor ipſius x eodem modo inveniri, quo in problemate præcedente.

Ponamus nempe $x = av + bv^3 + cv^5 + dv^7$ &c. $= 0$; erit (*§. 95 part. 1*)

$$x^3 = a^3v^3 + 3a^2bv^5 + 3ab^2v^7 \text{ \&c.} + 3a^2cv^7 \text{ \&c.}$$
$$x^5 = \quad + a^5v^5 \quad + 5a^4bv^7 \text{ \&c.}$$
$$x^7 = \quad + a^7v^7 \text{ \&c.}$$

Habemus adeo ob

$$x - \tfrac{1}{3}x^3 + \tfrac{1}{5}x^5 - \tfrac{1}{7}x^7 \text{ \&c.} = 0$$
$$-v = -v$$
$$x = av + bv^3 + cv^5 + dv^7 \text{ \&c.}$$
$$-\tfrac{1}{3}x^3 = -\tfrac{1}{3}a^3v^3 - a^2bv^5 - ab^2v^7 \text{ \&c.} - a^2cv^7$$
$$+\tfrac{1}{5}x^5 = \quad + \tfrac{1}{5}a^5v^5 + a^4bv^7$$
$$-\tfrac{1}{7}x^7 \quad\quad -\tfrac{1}{7}a^7v^7$$

Quamobrem

$$a - 1 = 0 \qquad b - \tfrac{1}{3} = 0 \qquad c - a^2b + \tfrac{1}{5}a = 0$$

$$a = 1 \qquad b = \tfrac{1}{3} \qquad c = b - \tfrac{1}{5} = \tfrac{1}{3} - \tfrac{1}{5}$$

$$= \frac{5 - 3}{15} = \frac{2}{15}$$

$$d - ab^2 - a^2c + a^4b - \tfrac{1}{7}a^7 = 0$$

$$d - \tfrac{1}{9} - \tfrac{2}{15} + \tfrac{1}{3} - \tfrac{1}{7} = 0$$

$d =$

Digitized by Google

$d = \frac{2}{15} + \frac{1}{7} - \frac{2}{9} = \frac{126 + 135 - 210}{945}$

$= \frac{51}{945} = \frac{17}{315}$

His ergo valoribus coëfficientium a, b, c, d &c. in æquatione aſſumtitia $x = av + bv^3 + cv^5 + dv^7$ &c. ſubſtitutis, prodit $x = v + \frac{1}{3}v^3, + \frac{2}{15}v^5 + \frac{17}{315}v^7$ &c.

SCHOLION.

162. *Me non monente apparet, ſi plures termini deſiderentur, aſſumtitiam quoque ex pluribus conſtandam eſſe.*

PROBLEMA 56.

163. *Dato arcu* AP *invenire ſinum verſum.*

Tab. I. Fig. 7. Quodſi formulam deſideres, quam *Newtonus* dedit (k); radius ſupponi debet 1. In formula ſuperiori, quam pro arcu ex ſinu verſo eruimus (*§.* 157), diameter eſt 1. Quamobrem hæc prius eadem, qua ſupra uſi ſumus, methodo eruenda. Sit igitur AI = 1, AQ = x, erit AB = 2, PQ = $\sqrt{(2x - x^2)}$ & per demonſtratata (§. 153)

PQ : PI = PO : Pp

$\sqrt{(2x - x^2)} : 1 = dx :$

conſequenter Pp = $dx : \sqrt{(2x - x^2)} = dx(2x - x^2)^{-1:2}$ cumque ſit (§. 99. *part. 1.*)

$m = -1$ $n = 2$ P $= 2x$ Q $= -x^2 : 2x = -\frac{1}{2}x$, erit

$P^{m:n} = \frac{x^{-1:2}}{\sqrt{2}} = A$

$\frac{m}{n} AQ = -\frac{1}{2} \cdot \frac{x^{-1:2}}{\sqrt{2}} \cdot -\frac{1}{2}x = + \frac{x^{1:2}}{4\sqrt{2}} = B$

$\frac{m-n}{2n} BQ = -\frac{3}{4} \cdot \frac{x^{1:2}}{4\sqrt{2}} \cdot -\frac{1}{2}x = + \frac{3x^{3:2}}{32\sqrt{2}} = C$

$\frac{m-2n}{3n} CQ = -\frac{5}{6} \cdot \frac{3x^{3:2}}{32\sqrt{2}} \cdot -\frac{1}{2}x = + \frac{5x^{5:2}}{128\sqrt{2}}$

&c.

Eſt itaque Pp $= \frac{x^{-1:2}dx}{\sqrt{2}} + \frac{x^{1:2}dx}{4\sqrt{2}} + \frac{3x^{3:2}dx}{32\sqrt{2}} + \frac{5x^{5:2}dx}{128\sqrt{2}}$ &c.

adeoque arcus AP $= \frac{2x^{1:2}}{\sqrt{2}} + \frac{x^{3:2}}{6\sqrt{2}} + \frac{3x^{5:2}}{80\sqrt{2}} + \frac{5x^{7:2}}{448\sqrt{2}}$ &c.

Nam $\frac{x^{3:2}}{4\sqrt{2} . \frac{3}{2}} = \frac{2x^{3:2}}{3 . 4\sqrt{2}} = \frac{x^{3:2}}{6\sqrt{2}}$

$\frac{3x^{5:2}}{32\sqrt{2} . \frac{5}{2}} = \frac{2 . 3x^{5:2}}{5 . 32\sqrt{2}} = \frac{3x^{5:2}}{80\sqrt{2}}$

$\frac{5x^{7:2}}{128\sqrt{2} . \frac{7}{2}} = \frac{2 . 5x^{7:2}}{128 . 7\sqrt{2}} = \frac{5x^{7:2}}{448\sqrt{2}}$

Sit jam AP $= v$,

erit $v = \frac{2x^{1:2}}{\sqrt{2}} + \frac{x^{3:2}}{6\sqrt{2}} + \frac{3x^{5:2}}{80\sqrt{2}}$

 $+ 5x$

(k) in epiſtola ad *Leibnitium*, quæ legitur apud *Wallisium* Vol. III. Oper. f. 625.

$$+\frac{5x^{7:2}}{448\sqrt{2}} \;\&c.$$

adeoque

$$v^2 = \frac{4x}{2} + \frac{4x^2}{2.6} + \frac{x^3}{2.36} \;\&c.$$
$$+\frac{4.3x^3}{2.80}$$

hoc eſt, $v^2 = 2x + \frac{1}{3}x^2 + \frac{1}{7\frac{1}{2}}x^3$
$+\frac{3}{40}x^3$

Ponatur

$$x = av^2 + bv^4 + cv^6 \;\&c.$$

erit $x^2 = \quad a^2v^4 + 2abv^6$

$x^3 = \qquad +a^3v^6$

adeoque

$$2x = 2av^2 + 2bv^4 + 2cv^6 \;\&c$$
$$+\tfrac{1}{3}x^2 = \quad +\tfrac{1}{3}a^2v^4 + \tfrac{2}{3}abv^6$$
$$+\tfrac{1}{7\frac{1}{2}}x^3 = \qquad +\tfrac{1}{7\frac{1}{2}}a^3v^6$$
$$+\tfrac{3}{40}x^3 = \qquad +\tfrac{3}{40}a^3v^6$$
$$-v^2 = -v^2$$

Quamobrem

$$2a - 1 = 0 \qquad 2b + \tfrac{1}{3}a^2 = 0$$

$$2a = 1 \qquad 2b = -\tfrac{1}{3}a^2$$

$$a = \tfrac{1}{2} \qquad b = -\tfrac{1}{6}a^2$$
$$= -\tfrac{1}{6.4} = -\tfrac{1}{24}$$

$$2c + \tfrac{2}{3}ab + \tfrac{1}{7\frac{1}{2}}a^3 + \tfrac{3}{40}a^3 = 0$$

$$c = -\tfrac{1}{3}ab - \tfrac{3}{144}a^3 - \tfrac{3}{80}a^3$$

$$-\tfrac{1}{3}ab = +\tfrac{1}{144} = +\frac{8}{144.8}$$

$$-\tfrac{1}{144}a^3 = -\frac{1}{144.8}$$

$$-\tfrac{1}{3}ab - \tfrac{1}{144}a^3 = \frac{7}{144.8} = \tfrac{7}{1152}$$

$$-\frac{3}{80}a^3 = -\frac{3}{80.8} = -\tfrac{3}{640}$$

$$c = \frac{480 - 3456}{1152.640}$$
$$= \frac{1024}{1152.640}$$
$$= \frac{16}{1152.10} = \frac{1}{720}$$

Eſt igitur $x = \frac{1}{2}v^2 - \frac{1}{24}v^4 + \frac{1}{720}v^6$ &c. Enimvero $2 = 1.2$, $24 = 1.2.3.4$. $720 = 1.2.3.4.5.6$. Quare $x = \frac{1}{1.2}v^2 - \frac{1}{1.2.3.4}v^4 + \frac{1}{1.2.3.4.5.6}v^6$ &c. Quod-ſi jam terminus primus dicatur A, ſecundus B, tertius C &c. erit $x = \frac{1}{1.2}v^2 - \frac{1}{3.4}Av^2 + \frac{1}{5.6}Bv^2 - \frac{1}{7.8}Cv^2$ &c, in infinitum.

COROLLARIUM. 1.

164. Quoniam radius $= 1$, erit ſinus complementi ſeu coſinus arcus $v = 1 - \frac{1}{1.2}v^2 + \frac{1}{1.2.3.4}v^4 - \frac{1}{1.2.3.4.5.6}v^6 + \frac{1}{1.2.3.4.5.6.7.8}v^8$ &c.

COROLLARIUM 2.

165. Si $1 - \frac{1}{1.2}v^2 + \frac{1}{1.2.3.4}v^4$, ſive $1 -$

$\frac{1}{2}v^2$

$\frac{1}{7}v^2 + \frac{1}{24}v^4$ praxi ſatisfacit pro ſinu complementi arcus, & coſinus iſte dicatur c; erit $c = 1 - \frac{1}{2}v^2 + \frac{1}{24}v^4$, conſequenter $v = \sqrt{(6 + \sqrt{(24c + 12)}}$ (§. 143. *part. 1*).

PROBLEMA 57.

Tab. 166. *Dato arcu* BM *invenire ſe-*
II. *cantem* KC.
Fig. Sit BC = 1, arcus = v, erit KB
20. $= v + \frac{1}{3}v^3 + \frac{2}{15}v^5 +$ &c. (§. 161) adeoque $BC^2 = 1$, $KB = v^2 + \frac{2}{3}v^4 + \frac{1}{9}v^6 + \frac{4}{15}v^6$ &c. conſequenter (§. 417. *Geom.*) ob $\frac{1}{9}v^6 + \frac{4}{15}v^6 = \frac{17}{45}v^6$ $KC^2 = 1 + \frac{1}{2}v^2 + \frac{2}{3}v^4 + \frac{17}{45}v^6$ &c. Quodſi inde radix vulgari modo extrahatur, prodit $KC = 1 + \frac{1}{2}v^2 + \frac{5}{24}v^4 + \frac{61}{720}v^6$ &c. quemadmodum typus exempli oſtendit.

$1 + v^2 + \frac{2}{3}v^4 + \frac{17}{45}v^6$ &c.
1

$+ v^2 + \frac{2}{3}v^4 + \frac{17}{45}v^6$ &c.
(2)
$+ v^2 + \frac{1}{4}v^4$

$+ \frac{5}{12}v^4 + \frac{17}{45}v^6$ &c.
$(2 + v^2)$
$+ \frac{5}{12}v^4 + \frac{5}{4}v^6$ &c.

$+ \frac{61}{360}v^6$ &c.
$(2 + v^2 + \frac{5}{12}v^4)$
$+ \frac{61}{360}v^6$ &c.

&c. &c.

SCHOLION.

167. *Seriem pro ſinu & ſinu verſo ex arcu atque pro arcu ex iisdem determinando invenit* Newtonus (l); *ſeriem pro tangente & ſecante, ex arcu atque arcu ex tangente determinando*, Jacobus Gregorius (m). *Exiſtimavit autem* Leibnitius *ſeries iſtas Trigonometriam canonicam ad quantamcunque exactitudinem in numeris a Tabularum neceſſitate liberare.*

PROBLEMA 58.

168. *Rectificara cycloidem.* Tab.
Sit AQ = x, AB = 1, erit Qq = M I.
S = dx, PQ = $\sqrt{(x - xx)}$ (§. 377 Fig.
part. 1) & hinc AP = $\sqrt{x} = x^{1:2}$ (§. 417 7.
Geom.), conſequenter ob △△ APQ & MmS ſimilitudinem ſupra demonſtratam (§. 131)

AQ : AP = MS : Mm

$x : x^{1:2} = dx : x^{-1:2}dx$

Eſt ergo Mm differentiale arcus Cycloidici AM = $x^{-1:2}dx$. Unde $\int x^{-1:2}dx = 2x^{1:2} = 2$AP eſt arcus AM, ſeu arcus Cycloidis AM eſt chordæ arcus circuli genitoris ipſi reſpondentis AP duplus.

PROBLEMA 59.

169. *Data chorda arcus* AP *in-* Tab.
venire arcum cognominem, quem IV.
ſubtendit. Fig.
Sit AB = 1, AP = x: cum angulus 49.

(l) Vide Commercium epiſtolicum D. Job. Collins p. 40. 52.
(m) Ibidem p. 45.

Digitized by Google

APB ſit rectus (§. 317 *Geom.*) erit $PB = \surd(1-x^2)$ (§. 417 *Geom.*). Sit porro Ap ipſi AP infinite propinqua. Quoniam angulus $AQB = APB + PAp$ (§. 239 *Geom.*) & PAp, cujus menſura eſt $\frac{1}{2}Pp$ (§. 314. *Geom.*); erit AQB=APB (§.4), conſequenter rectus (§. 145 *Geom.*). Eſt igitur & $PQp = AQB$ (§. 156. *Geom.*) rectus (§. 145 *Geom.*), itidemque AQP rectus (§. 65 *Geom.*) adeoque ipſi APQ æqualis (§. 145 *Geom.*) & hinc AP = AQ (§. 251. 89 *Geom.*), conſequenter QP differentiale chordæ AP (§. 6) $= dx$. Porro anguli PAB menſura eſt arcus dimidius PB & anguli QPp menſura $\frac{1}{2}pB$ (§. 314. *Geom.*): quare cum arcus PB & pB ob infinite parvum Pp ſint æquales (§. 4), erit angulus $PAB = QPp$ (§. 141 *Geom.*). Habemus itaque (§. 267 *Geom.*)

$$PB : AB = pQ : Pp$$
$$\surd(1-x^2) : 1 = dx :$$

adeoque $Pp = dx : \surd(1-x^2)$ & hinc porro arcus $AP = \int dx : \surd(1-x^2)$. Eadem igitur formula ſatisfacit arcui AP ex chorda cognomine determinando, quam ſupra invenimus pro eodem ex ſinu PM determinando (§. 153), nimirum arcus AP

$$= x + \frac{1}{2.3}x^3 + \frac{1.3}{2.4.5}x^5 + \frac{1.3.5}{2.4.6.7}x^7 + \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8.9}x^9 \text{ \&c. in infinitum.}$$

Quodſi $PB = x$, erit $PQ = dx$ & $AP = \surd(1-x^2)$, atque eodem prorſus modo reperitur arcus $PB = \int dx : \surd(1-x^2)$, ut adeo eadem ſeries ſatisfaciat utrique arcui AP & PB inveniendo.

PROBLEMA 60.

170. *Data chorda arcus* AP *invenire ſegmentum circuli cognomine.*

Sit diameter circuli AB=1, chorda $AP = x$, erit per demonſtrata in problemate præcedente $PB = \surd(1-x^2)$ & $pQ = dx$, nec non $\triangle APB \sim \triangle PQp$: erit etiam (§. 267 *Geom.*)

$$PB : AP = pQ : PQ$$
$$\surd(1-x^2) : x = dx :$$

adeoque $PQ = xdx : \surd(1-x^2)$, conſequenter cum PQ haberi poſſit per arcu infinite parvo ex centro A radio AP deſcripto (§. 38), adeoque APQ pro ſectore circulari, erit $APQ = x^2dx : 2\surd(1-x^2)$ (§. 435 *Geom.*) $= \frac{1}{2}x^2dx(1-x^2)^{-1:2}$.

Eſt vero $(1-x^2)^{-1:2}$ ſeu $1 : \surd(1-x^2) = 1 + \frac{1}{2}x^2 + \frac{1.3}{2.4}x^4 + \frac{1.3.5}{2.4.6}x^6 + \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8}x^8$ &c. (§. 153), adeoque

$$APQ = \tfrac{1}{2}x^2dx(1-x^2)^{-1:2} = \tfrac{1}{2}x^2dx + \tfrac{1}{4}x^4$$

$+\frac{1}{4}x^4dx+\frac{1.3}{4.4}x^6dx+\frac{1.3.5}{4.4.6}x^8dx+\frac{1.3.5.7}{4.4.6.8}x^{10}dx$ &c. in infinit:

Ergo ſegmentum circuli AP $=\frac{1}{2.3}x^3+\frac{1}{4.5}x^5+\frac{1.3}{4.4.7}x^7+\frac{1.3.5}{4.4.6.9}x^9+\frac{1.3.5.7}{4.4.6.8.11}x^{11}$ &c. in infinitum.

PROBLEMA 61.

Tab. IV. Fig. 49. 171. *Dato arcu* AP *invenire chordam cognominem.*

Sit diameter circuli AB=1, AP=x, erit arcus AP$=x+\frac{1}{2.3}x^3+\frac{1.3}{2.4.5}x^5+\frac{1.3.5}{2.4.6.7}x^7$ &c. (§. 169). Dicatur idem arcus v, erit $v=x+\frac{1}{2.3}x^3+\frac{1.3}{2.4.5}x^5+\frac{1.3.5}{2.4.6.7}x^7$ &c. adeoque AP$=x=v-\frac{1}{1.2.3}v^3+\frac{1}{1.2.3.4.5}v^5-\frac{1}{1.2.3.4.5.6.7}v^7+\frac{1}{1.2.3.4.5.7.8.9}v^9$ &c. in infinitum, ut ſupra (§. 160).

Quodſi diameter dicatur d, non 1, reperietur arcus AP$=x+\frac{1}{2.3d^2}x^3+\frac{1.3}{2.3.5d^4}x^5+\frac{1.3.5}{2.4.6.7d^6}x^7$ &c. & viciſſim chorda AP$=v-\frac{1}{1.2.3d^2}v^3+\frac{1}{1.2.3.4.5d^4}v^5-\frac{1}{1.2.3.4.5.6.7d^6}v^7+\frac{1}{1.2.3.4.7.8\,9d^8}v^9$ &c. id quod calculos ſuperiores repetenti apparet.

PRBOLEMA 62.

Tab. II. Fig. 10. 172. *Rectificare arcum ellipſis* GM.

Sit CG=c, AC=a, PC=x, PM=y, erit (§.432 *part. 1*)

$$a^2y^2=a^2c^2-c^2x^2$$
$$2a^2ydy=-2c^2xdx$$
$$a^4y^2dy^2=c^4x^2dx^2$$
$$dy^2=\frac{c^4x^2dx^2}{a^4y^2}=\frac{c^4x^2dx^2}{a^4c^2-a^2c^2x^2}=\frac{c^2x^2dx^2}{a^4-a^2x^2}$$

$$dx^2+dy^2=dx^2+\frac{c^2x^2dx^2}{a^4-a^2x^2}=\frac{a^4dx^2-a^2x^2dx^2+c^2x^2dx^2}{a^4-a^2x^2}$$

$$\sqrt{(dx^2+dy^2)}=\frac{dx\sqrt{(a^4-a^2x^2+c^2x^2)}}{\sqrt{(a^4-a^2x^2)}}=\frac{dx\sqrt{(a^4-a^2x^2+c^2x^2)}}{a\sqrt{(a^2-x^2)}}$$

Ut

Ut elementum hoc integrabile reddatur, tam numerator $\surd(a^4-a^2x^2+c^2x^2)$, quam denominator $a\surd(a^2-x^2)$, reſolvendus eſt in ſeriem & ſeries prior per poſteriorem dividenda eo modo, quem mox ſubjiciemus. Eſt itaque (§.99 *part. 1*) in caſu primo

$m=1 \quad n=2 \quad P=a^4 \quad Q=-(a^2+c^2)x^2:a^4$

Fiat $a^2-c^2=b^2$ ob commoditatem calculi, erit $Q=-b^2x^2:a^4$.

Unde porro obtinetur

$$P^{m:n}=a^2=A$$

$$\frac{m}{n}AQ=\tfrac{1}{2}.a^2.-\frac{b^2x^2}{a^4}=-\frac{b^2x^2}{2a^2}=B$$

$$\frac{m-n}{2n}BQ=-\tfrac{1}{4}.-\frac{b^2x^2}{2a^2}.-\frac{b^2x^2}{a^4}=-\frac{b^4x^4}{8a^6}=C$$

$$\frac{m-2n}{3n}CQ=-\tfrac{3}{6}.-\frac{b^4x^4}{8a^6}-\frac{b^2x^2}{a^4}=-\frac{b^6x^6}{16a^{10}}=D$$

$$\frac{m-3n}{4n}DQ=-\tfrac{5}{8}.-\frac{b^6x^6}{16a^{10}}.-\frac{b^2x^2}{a^4}=-\frac{5b^8x^8}{128a^{14}} \text{ \&c.}$$

Eſt itaque $\surd(a^4-b^2x^2)=\surd(a^4-a^2x^2+c^2x^2)=a^2-\frac{b^2x^2}{2a^2}-\frac{b^4x^4}{8a^6}-\frac{b^6x^6}{16a^{10}}-\frac{5b^8x^8}{128a^{14}}$ &c. in infinitum $=K$

Enimvero $\surd(a^2-x^2)=a-\frac{x^2}{2a}-\frac{x^4}{8a^3}-\frac{x^6}{16a^5}-\frac{5x^8}{128a^7}$ &c. in infinitum (§. 126.). Qare $a\surd(a^2-x^2)=a^2-\tfrac{1}{2}x^2-\frac{x^4}{8a^2}-\frac{x^6}{16a^4}-\frac{5x^8}{128a^6}$ &c. in infin. (§.126) $=L$.

Seriem adeo primam K per alteram L diviſurus probe obſervare debes omnes terminos in diviſione emergentes, in quibus x ad eandem dimenſionem aſſurgit, haberi pro uno, cum pro coëfficientibus omnibus ſimul ſumtis ſubſtitui poſſit unus, qualis etiam in caſu ſingulari revera prodiret, ubi a & b in numeris dantur, ſi fractiones ad eandem denominationem reductæ in unam ſummam colligerentur. Quamobrem terminus unusquisque dividendæ dividitur per a, quotcunque partibus fuerit auctus in ipſo diviſionis actu, & integra ſeries dividens ducitur in quotum atque a dividenda ſubtrahitur, quemadmodum in communi diviſione fieri ſolet: id quod ex typo exempli ſubjecti attento lectori obvium.

$K=a^2$

$$K = a^2 - \frac{b^2x^2}{2a^2} - \frac{b^4x^4}{8a^6} - \frac{b^6x^6}{16a^{10}} - \frac{5b^8x^8}{128a^{14}}$$

$$L = a^2 - \tfrac{1}{2}x^2 - \frac{x^4}{8a^2} - \frac{x^6}{16a^4} - \frac{5x^8}{128a^6}$$

$$\text{Reſid. I.} - \frac{b^2x^2}{2a^2} - \frac{b^4x^4}{8a^6} - \frac{b^6x^6}{16a^{10}} - \frac{5b^8x^8}{128a^{14}}$$
$$+ \tfrac{1}{2}x^2 + \frac{x^4}{8a^2} + \frac{x^6}{16a^4} + \frac{5x^8}{128a^6}$$

$$\text{L. B} = -\frac{b^2x^2}{2a^2} + \frac{b^2x^4}{4a^4} + \frac{b^2x^6}{16a^6} + \frac{b^2x^8}{32a^8}$$
$$+ \tfrac{1}{2}x^2 - \frac{x^4}{4a^2} - \frac{x^6}{16a^4} - \frac{x^8}{32a^6}$$

$$\text{Reſid. II.} \quad - \frac{b^4x^4}{8a^6} - \frac{b^6x^6}{16a^{10}} - \frac{5b^8x^8}{128a^{14}}$$
$$- \frac{b^2x^4}{4a^4} - \frac{b^2x^6}{16a^6} - \frac{b^2x^8}{32a^8}$$
$$+ \frac{3x^4}{8a^2} + \frac{x^6}{8a^4} + \frac{9x^8}{128a^6}$$

$$\text{L.C} = - \frac{b^4x^4}{8a^6} + \frac{b^4x^6}{16a^8} + \frac{b^4x^8}{64a^{10}}$$
$$- \frac{b^2x^4}{4a^4} + \frac{b^2x^6}{8a^6} + \frac{b^2x^8}{32a^8}$$
$$+ \frac{3x^4}{8a^2} - \frac{3x^6}{16a^4} - \frac{3a^8}{64a^6}$$

$$\text{Reſid. III.} = - \frac{b^6x^6}{16a^{10}} - \frac{5b^8x^8}{128a^{14}}$$
$$- \frac{b^4x^6}{16a^8} - \frac{b^4x^8}{64a^{10}}$$

A.	B.	C.	D.	E.
1	$-\frac{b^2x^2}{2a^4}$	$-\frac{b^4x^4}{8a^8}$	$-\frac{b^6x^6}{16a^{12}}$	$-\frac{5b^8x^8}{128a^{16}}$
	$+\frac{x^2}{2a^2}$	$-\frac{b^2x^4}{4a^6}$	$-\frac{b^4x^6}{16a^{10}}$	$-\frac{b^6x^8}{32a^{14}}$
		$+\frac{3x^4}{8a^4}$	$-\frac{3b^2x^6}{16a^8}$	$-\frac{3b^4x^8}{64a^{12}}$
			$+\frac{5x^6}{16a^6}$	$-\frac{5b^2x^8}{32a^{10}}$
				$+\frac{35x^8}{128a^8}$

$$-\frac{3b^2x^6}{16a^6}-\frac{b^2x^8}{16a^8}$$
$$+\frac{5x^6}{16a^4}+\frac{15x^8}{128a^6}$$

$$\text{L.D}=-\frac{b^6x^6}{16a^{10}}+\frac{b^6x^8}{32a^{12}}$$
$$-\frac{b^4x^6}{16a^8}+\frac{b^4x^8}{32a^{10}}$$
$$-\frac{3b^2x^6}{16a^6}+\frac{3b^2x^8}{32a^8}$$
$$+\frac{5x^6}{16a^4}-\frac{5x^8}{32a^6}$$

$$-\frac{5b^8x^8}{128a^{14}}$$
$$-\frac{b^6x^8}{32a^{12}}$$
$$-\frac{3b^4x^8}{64a^{10}}$$
$$-\frac{5b^2x^8}{32a^8}$$
$$+\frac{35x^8}{128a^6}$$

&c, &c.

Subſtituatur jam valor ipſius b. Quoniam

$b^2=a^2-c^2$
$b^4=a^4-2a^2c^2+c^4$
$b^6=a^6-3a^4c^2+3a^2c^4-c^6$
$b^8=a^8-4a^6c^2+6a^4c^4-4a^2c^6+c^8$

erit

1.

$$-\frac{b^2x^2}{2a^4}=-\frac{x^2}{2a^2}+\frac{c^2x^2}{2a^4}$$
$$+\frac{x^2}{2a^2}=+\frac{x^2}{2a^2}$$
$$\text{B}=+\frac{c^2x^2}{2a^4}$$

$-b^4x^4$

2.

$$-\frac{b^4x^4}{8a^8} = -\frac{x^4}{8a^4} + \frac{c^2x^4}{4a^6} - \frac{c^4x^4}{8a^8}$$

$$-\frac{b^2x^4}{4a^6} = -\frac{x^4}{4a^4} + \frac{c^2x^4}{4a^6}$$

$$+\frac{3x^4}{8a^4} = +\frac{3x^4}{8a^4}$$

$$C = +\frac{c^2x^4}{2a^6} - \frac{c^4x^4}{8a^8}$$

3.

$$-\frac{b^6x^6}{16a^{12}} = -\frac{x^6}{16a^6} + \frac{3c^2x^6}{16a^8} - \frac{3c^4x^6}{16a^{10}} + \frac{c^6x^6}{16a^{12}}$$

$$-\frac{b^4x^6}{16a^{10}} = -\frac{x^6}{16a^6} + \frac{c^2x^6}{8a^8} - \frac{c^4x^6}{16a^{10}}$$

$$-\frac{3b^2x^6}{16a^8} = -\frac{3x^6}{16a^6} + \frac{3c^2x^6}{16a^8}$$

$$+\frac{5x^6}{16a^6} = +\frac{5x^6}{16a^6}$$

$$D = +\frac{c^2x^6}{2a^8} - \frac{4c^4x^6}{16a^{10}} + \frac{c^6x^6}{16a^{12}}$$

4.

$$-\frac{5b^8x^8}{128a^{16}} = -\frac{5x^8}{128a^8} + \frac{5c^2x^8}{32a^{10}} - \frac{30c^4x^8}{128a^{12}} + \frac{5c^6x^8}{32a^{14}} - \frac{5c^8x^8}{128a^{16}}$$

$$-\frac{b^6x^8}{32a^{14}} = -\frac{x^8}{32a^8} + \frac{3c^2x^8}{32a^{10}} - \frac{3c^4x^8}{32a^{12}} + \frac{c^6x^8}{32a^{14}}$$

$$-\frac{3b^4x^8}{64a^{12}} = -\frac{3x^8}{64a^8} + \frac{3c^2x^8}{32a^{10}} - \frac{3c^4x^8}{64a^{12}}$$

$$-\frac{5b^2x^8}{32a^{10}} = -\frac{5x^8}{32a^8} - \frac{5c^2x^8}{32a^{10}}$$

$$+\frac{35x^8}{128a^8} = +\frac{35x^8}{128a^8}$$

$$E = \frac{c^2x^8}{2a^{10}} - \frac{3c^4x^8}{8a^{12}} + \frac{3c^6x^8}{16a^{14}} + \frac{5c^8x^8}{128a^{16}}$$

Habemus itaque

$A = 1$

$B = \frac{c^2x^2}{2a^4}$

$C = \frac{c^2x^4}{2a^6} - \frac{c^4x^4}{8a^8}$

$D = \frac{c^2x^6}{2a^8} - \frac{c^4x^6}{4a^{10}} + \frac{c^6x^6}{16a^{12}}$

$E = \frac{c^2x^8}{2a^{10}} - \frac{3c^4x^8}{8a^{12}} + \frac{3c^6x^8}{16a^{14}} - \frac{5c^8x^8}{128a^{16}}$

Quamobrem prolixo ſatis calculo, quem tamen diſtincte hic explicari conſultum fuit, ut ſit exemplar in caſibus ſimilibus, tandem reperitur $\frac{\sqrt{(a^4 - a^2x^2 + c^2x^2)}}{a\sqrt{(a^2 - x^2)}}$

$$= 1 + \frac{c^2x^2}{2a^4} + \frac{c^2x^4}{2a^6} + \frac{c^2x^6}{2a^8} + \frac{c^2x^8}{2a^{10}} \text{ \&c.}$$

$$-\frac{c^4x^4}{8a^8}-\frac{c^4x^6}{4a^{10}}-\frac{3c^4x^8}{8a^{12}}$$
$$+\frac{c^6x^6}{16a^{12}}+\frac{3c^6x^8}{16a^{14}}$$
$$-\frac{5c^8x^8}{128a^{16}}$$

Eſt igitur elementum arcus $\frac{dx\sqrt{(a^4-a^2x^2+c^2x^2)}}{a\sqrt{(a^2-x^2)}}$

$$=dx+\frac{c^2x^2dx}{2a^4}+\frac{c^2x^4dx}{2a^6}+\frac{c^2x^6dx}{2a^8}$$
$$-\frac{c^4x^4dx}{8a^8}-\frac{c^4x^6dx}{4a^{10}}$$
$$+\frac{c^6x^6dx}{16a^{12}}$$

$+\frac{c^2x^8dx}{2a^{10}}$ &c. in infinitum.

$$-\frac{3c^4x^8dx}{8a^{12}}$$
$$+\frac{3c^6x^8dx}{16a^{14}}$$
$$-\frac{5c^8x^8dx}{128a^{16}}$$

Tandem adeo arcus GM=

$$x+\frac{c^2x^3}{6a^4}+\frac{c^2x^5}{10a^6}+\frac{c^2x^7}{14a^8}+\frac{c^2x^9}{18a^{10}}\ \&c.$$
$$-\frac{c^4x^5}{40a^8}-\frac{c^4x^7}{28a^{10}}-\frac{c^4x^9}{24a^{12}}$$
$$+\frac{c^6x^7}{112a^{12}}+\frac{c^6x^9}{48a^{14}}$$
$$-\frac{5c^8x^9}{1152a^{16}}$$

Quodſi terminorum homogeneorum coëfficientes reducas ad eandem denominationem; erit $GM = x + \frac{c^2x^3}{6a^4}$

$$+\frac{4a^2c^2-c^4x^5}{40a^8}+\frac{8a^4c^2-4a^2c^4+c^6x^7}{112a^{12}}$$
$$+\frac{64a^6c^2-48a^4c^4+24a^2c^6-5c^8x^9}{1152a^{10}}$$

COROLLARIUM. 1.

173. Quodſi ponamus eſſe GC : AC = 1 : m, adeoque AC = mc; erit GM $= x + \frac{1}{6m^4c^2}x^3 + \frac{4m^2-1}{40m^8c^4}x^5 + \frac{8m^4-4m^2+1}{112m^{12}c^6}x^7 + \frac{64m^6-48m^4+24m^2-5}{1152m^{10}c^{18}}x^9$ &c.

Quare ſi ſpecies ellipſis in caſu dato determinetur, hoc eſt, m per numerum determinatum explicetur; prodibit ſeries multo ſimplicior. Sit enim $m=2$, erit GM $= x + \frac{1}{96c^2}x^3 + \frac{3}{2048c^4}x^5 + \frac{113}{458752c^6}x^7 + \frac{3419}{75497412}x^9$ &c.

COROLLARIUM 2.

174. Quodſi $c=a$, ellipſis degenerat in circulum & ſeries pro circulo evadit $x + \frac{x^3}{6a^2} + \frac{3x^5}{40a^4} + \frac{5x^7}{112a^6} + \frac{35x^9}{1152a^8}$ &c. hoc eſt, ſi $a=1$, ſeries $= x + \frac{1}{6}x^3 + \frac{3}{40}x^5$

PRO-

$+\frac{5}{112}x^7+\frac{35}{1152}x^9$ &c. prorſus ut ſupra (§. 153).

PROBLEMA 63.

Tab. II. Fig. 24

175. *Rectificare arcum hyperbolæ* AM.

Sit $BC=AB=c$ $CQ=QM=x$ dimidius axis conjugatus $=a$ $CP=y$ erit $BP=y+c$, $AP=y-c$

$AP.PB=y^2-c^2$

Quare (§. 469 *part. 1.*)

$$a^2:c^2=x^2:y^2-c^2$$

$$a^2y^2-a^2c^2=c^2x^2$$

$$a^2y^2=a^2c^2+c^2x^2$$

$$2a^2ydy=2c^2xdx$$

$$a^4y^2dy^2=c^4x^2dx^2$$

h.e. $a^4c^2dy^2+a^2c^2x^2dy^2=c^4x^2dx^2$

$$a^4dy^2+a^2x^2dy^2=c^2x^2dx^2$$

$$dy^2=\frac{c^2x^2dx^2}{a^4+a^2x^2}$$

$$dx^2+dy^2=dx^2+\frac{c^2x^2dx^2}{a^4+a^2x^2}$$

$$=\frac{a^4dx^2+a^2x^2dx^2+c^2x^2dx^2}{a^4+a^2x^2}$$

$$\sqrt{(dx^2+dy^2)}=\frac{dx\sqrt{(a^4+a^2x^2+c^2x^2)}}{a\sqrt{(a^2+x^2)}}$$

Elementum hoc nonniſi ſignis differt ab elemento ellipſis (§. 172). Quamobrem eodem prorſus modo, quo in problemate præcedente, reperitur elementum arcus Mm=

$$dx+\frac{c^2x^2dx}{2a^4}-\frac{c^2x^4dx}{2a^6}+\frac{c^2x^6dx}{2a^8}-\frac{c^2x^8dx}{2a^{10}}\text{ \&c.}$$
$$-\frac{c^4x^4dx}{8a^8}+\frac{c^4x^6dx}{4a^{10}}-\frac{3c^4x^8dx}{8a^{12}}$$
$$+\frac{c^6x^6dx}{16a^{12}}-\frac{3c^6x^8dx}{16a^{14}}$$
$$-\frac{5c^8x^8dx}{128a^{16}}$$

Quare arcus AM=

$$x+\frac{c^2x^3}{6a^4}-\frac{c^2x^5}{10a^6}+\frac{c^2x^7}{14a^8}-\frac{c^2x^9}{18a^{10}}\text{ \&c.}$$
$$-\frac{c^4x^5}{40a^8}+\frac{c^4x^7}{28a^{10}}-\frac{c^4x^9}{24a^{12}}$$
$$+\frac{c^6x^7}{112a^{12}}-\frac{c^6x^9}{48a^{14}}$$
$$-\frac{5c^8x^9}{1152a^{16}}$$

hoc eſt, reductione coëfficientium in eodem termino ad eandem denominationem facta, $x+\frac{c^2x^3}{6a^4}$

$$\frac{-4a^2c^2-c^4}{40a^8}x^5+\frac{8a^4c^2+4a^2c^4+c^6}{112a^{12}}x^7$$
$$-\frac{64a^6c^2-48a^4c^4-24a^2c^6-5c^8}{1152a^{16}}x^9\text{ \&c.}$$

Quodſi denuo hyperbolæ axes

 ponan-

ponantur inter ſe ut 1 ad m, hoc eſt, ſi ſit $a=mc$, reperietur arcus $AM=x+\frac{1}{6m^4c^2}x^3-\frac{4m^2-1}{40m^8c^4}x^5+\frac{8m^4+4m^2+1}{112m^{12}c^6}x^7-\frac{64m^6-48m^4-24m^2-5}{1152m^{16}c^{8}}x^9$ &c.

Et ſi ſpecies hyperbolæ determinetur, explicando m per numerum determinatum, erit $AM=x+\frac{1}{96c^2}x^3-\frac{3}{2048c^4}x^5+\frac{113}{458752c^6}x^7-\frac{3419}{75497472c^8}x^9$ &c.

Series adeo pro arcu hyperbolico a ſerie pro arcu elliptico non differt niſi ſignis.

COROLLARIUM.

176. Si hyperbola fuerit æquilatera, erit $c=a$ & ſeries pro arcu AM multo ſimplicior evadit. Eſt nempe $=x+\frac{x^3}{6a^2}-\frac{3x^5}{40a^4}+\frac{13x^7}{112a^6}-\frac{101x^9}{1152a^8}$ &c.

PROBLEMA 64.

177. *Rectificare Logarithmicam.*

Tab. I. Fig. 8. Sit curvæ ſubtangens $=a$, $PM=y$, $Pp=dx$, erit (§. 54)

$$\frac{ydx}{dy}=a$$

$$ydx=ady$$

$$dx=\frac{ady}{y}$$

$$dx^2=\frac{a^2dy^2}{y^2}$$

$$dx^2+dy^2=\frac{a^2dy^2}{y^2}+dy^2$$

$$\surd(dx^2+dy^2)=dy\surd\left(\frac{a^2}{y^2}+1\right)$$

Ut elementum hoc mM integrabile reddatur, ex $a^2:y^2+1$ extrahenda eſt radix. Erit itaque in theoremate generali (§. 99 *part.* 1.)

$m=1$ $n=2$ $P=\frac{a^2}{y^2}$. $Q=1:\frac{a^2}{y^2}=\frac{y^2}{a^2}$

$P^{m:n}=\frac{a}{y}=A$

$\frac{m}{n}AQ=\frac{1}{2}.\frac{a}{y}.\frac{y^2}{a^2}=\frac{y}{2a}=B$

$\frac{m-n}{2n}BQ=-\frac{1}{4}.\frac{y}{2a}.\frac{y^2}{a^2}=-\frac{y^3}{8a^3}=C$

$\frac{m-2n}{3n}CQ=-\frac{3}{6}.-\frac{y^3}{8a^3}.\frac{y^2}{a^2}=+\frac{y^5}{16a^5}=D$

$\frac{m-3n}{4n}DQ=-\frac{5}{8}.\frac{y^5}{16a^5}.\frac{y^2}{a^2}=-\frac{5y^7}{128a^7}$ &c.

Eſt itaque $\surd\left(\frac{a^2}{y^2}+1\right)=\frac{a}{y}+\frac{y}{2a}-$ y^3+

$\frac{y^3}{8a^3} + \frac{y^5}{16a^5} - \frac{5y^7}{128a^7}$ &c. in infinitum.

Eadem ſeries prodit, ſi ex $\surd(a^2 + y^2)$ extrahatur radix (§. *cit.*) &, quæ provenit, $a + \frac{y^2}{2a} - \frac{y^4}{8a^3} + \frac{y^6}{16a^5} - \frac{5y^8}{128a^7}$ porro dividatur per y. Habemus itaque elementum M*m* arcus interminati MI $= \frac{a\,dy}{y} + \frac{y\,dy}{2a} - \frac{y^3\,dy}{8a^3} + \frac{y^5\,dy}{16a^5} - \frac{5y^7\,dy}{128a^7}$ &c.

Quare arcus MI $= \int \frac{a\,dy}{y} + \frac{y^2}{4a} - \frac{y^4}{32a^3} + \frac{y^6}{96a^5} - \frac{5y^8}{1024a^7}$ &c.

Ponatur SQ $= z$, erit arcus interminatus SI $= \int \frac{a\,dz}{z} + \frac{z^2}{4a} - \frac{z^4}{32a^3} + \frac{z^6}{96a^5} - \frac{5z^8}{1024a^7}$ &c.

Eſt igitur arcus MS $= \int \frac{a\,dy}{y} - \int \frac{a\,dz}{z} + \frac{y^2 - z^2}{4a} - \frac{y^4 + z^4}{32a^3} + \frac{y^6 - z^6}{96a^5} - \frac{5y^8 + 5z^8}{1024a^7}$ &c.

$\int \frac{a\,dy}{y} - \int \frac{a\,dz}{z}$ eſt ſpatium hyperbolicum aſymptoticum inter duas ſemiordinatas $a^2 : y$ & $a^2 : z$ comprehenſum, & per a diviſum (§. 118).

Eſt autem a latus potentiæ hyperbolæ, y & z ſunt abſciſſæ in aſymptoto ſumtæ (§. 488 *part. 1.*). Pendet adeo rectificatio curvæ logarithmicæ a quadratura hyperbolæ, quæ per ſeries infinitas in ſuperioribus data (§. 120).

Poteſt etiam alia adhuc ratione extrahi radix. Nimirum poni poteſt B=1. $Q = \frac{a^2}{y^2} = a\, y^{-2}$. Quare cum ſit ut ante $m=1$, $n=2$; erit

$P^{m:n} = 1 = A$

$\frac{m}{n} AQ = \frac{1}{2}.1.a^2 y^{-2} = \frac{1}{2} a^2 y^{-2} = B$

$\frac{m-n}{2n} BQ = -\frac{1}{4}.\frac{1}{2} a^2 y^{-2}.a^2 y^{-2} = -\frac{1}{8} a^4 y^{-4} = C$

$\frac{m-2n}{3n} CQ = -\frac{3}{6}.-\frac{1}{8} a^4 y^{-4}.a^2 y^{-2} = +\frac{1}{16} a^6 y^{-6} = D$

$\frac{m-3n}{4n} DQ = -\frac{5}{8}.\frac{1}{16} a^6 y^{-6}.a^2 y^{-2} = -\frac{5}{128} a^6 y^{-8}$ &c.

Eſt igitur elementum curvæ $dy + \frac{1}{2} a^2 y^{-2} dy - \frac{1}{8} a^4 y^{-4} dy + \frac{1}{16} a^6 y^{-6} dy - \frac{5}{128} a^8 y^{-8} dy$ &c. in infinitum.

Quare longitudo curvæ $= y - \frac{1}{2} a^2 y^{-1} + \frac{1}{24} a^4 y^{-3} - \frac{1}{80} a^6 y^{-5} + \frac{5}{896} a^8 y^{-7}$ &c.

&c. $= x - \frac{a^2}{2y} + \frac{a^4}{24y^3} - \frac{a^6}{80y^5} + \frac{5a^8}{896y^7}$ &c.

Sit jam alia ſemiordinata $SQ = z$, erit longitudo curvæ $= z - \frac{a^2}{2z} + \frac{a^4}{24z^3} - \frac{a^6}{80z^5} + \frac{5a^8}{896z^7}$ &c.

Ergo arcus inter ſemiordinatas y & z interceptus $MS = y - z - \frac{a^2}{2y} + \frac{a^2}{2z} + \frac{a^4}{24y^3} - \frac{a^4}{24z^3} - \frac{a^6}{80y^5} + \frac{a^6}{80z^5} + \frac{5a^8}{896y^7} - \frac{5a^8}{896z^7}$ &c.

COROLLARIUM.

178. Quoniam ſeries iſtæ ſatisfaciunt quæſito, quatenus convergunt, & termini continuo minores fiunt (§. 53. *part. 1*), in Logarithmica autem y continuo fit minor, ita ut tandem infra ſubtangentem a decreſcat; ſerie prima utendum eſt, ſi $a > y$; poſteriori autem ſi $y > a$.

PROBLEMA 65.

179. *Rectificare hyperbolam ex æquatione ad hyperbolam intra aſymptotos.*

Quoniam $xy = a^2$ (§. 488. *part. 1*), erit

$$y = a^2 : x = a^2x^{-1}$$
$$dy = -a^2x^{-2}\,dx$$
$$dy^2 = a^4x^{-4}\,dx^2$$
$$dy^2 + dx^2 = dx^2 + a^4x^{-4}dx^2$$
$$\sqrt{(dy^2 + dx^2)} = dx\sqrt{(1 + a^4x^{-4})}$$

Elementum hoc arcus hyperbolici non multum differt ab elemento arcus logarithmicæ (§. 177).

Vi theorematis generalis (§. 99. *part. 1*)

$m = 1 \quad n = 2 \quad P = 1 \quad Q = a^4x^{-4}$

$P^{m:n} = 1 = A$

$\frac{m}{n}AQ = \frac{1}{2}.1.a^4x^{-4} = \frac{1}{2}a^4x^{-4} = B$

$\frac{m-n}{2n}BQ = -\frac{1}{4}.\frac{1}{2}a^4x^{-4}.a^4x^{-4} = -\frac{1}{2.4}a^8x^{-8} = C$

$\frac{m-2n}{3n}CQ = -\frac{3}{6}.-\frac{1}{2.4}a^8x^{-8}.a^4x^{-4} = +\frac{1.3}{2.4.6}a^{12}x^{-12} = D$

$\frac{m-3n}{4n}DQ = -\frac{5}{8}.\frac{1.3.}{2.4.6}a^{12}x^{-12}.a^4x^{-4} = -\frac{1.3.5}{2.4.6.8}a^{16}x^{-16}$ &c.

Eſt igitur elementum curvæ $dx + \frac{1}{2}a^4x^{-4}dx - \frac{1}{2.4}a^8x^{-8}dx + \frac{1.3}{2.4.6}a^{12}x^{-12}dx - \frac{1.3.5}{2.4.6.8}a^{16}x^{-16}$ &c. conſequenter longitudo curvæ $= x - \frac{1}{2.3}a^4x^{-3} + \frac{1}{2.4.7}a^8x^{-7} - \frac{1.3}{2.4.6.11}a^{12}x^{-11} + \frac{1.3.5}{2.4.6.8.15}a^{16}x^{-15}$ &c. $= x$

$-a^4$

$- \frac{a^4}{2.3x^3} + \frac{a^8}{2.4.7x^7} - \frac{1.3.a^{12}}{2.4.6.11x^{11}} + \frac{1.3.5.a^{16}}{2.4.6.8.15x^{15}}$ &c. in infinitum.

Quodſi alia abſciſſa ſit z; erit longitudo curvæ $z - \frac{a^4}{2.3z^3} + \frac{a^8}{2.4.7z^7} - \frac{1.3a^{12}}{2.4.6.11z^{11}} + \frac{1.3.5a^{16}}{2.4.6.8.15z^{15}}$ &c.

Arcus igitur inter ſemiordinatas abſciſſis x & z reſpondentes interceptus $= x - z - \frac{a^4}{2.3x^3} + \frac{a^4}{2.3z^3} + \frac{a^8}{2.4.7x^7} - \frac{a^8}{2.4.7z^7} - \frac{1.3a^{12}}{2.4.6.11x^{11}} + \frac{1.3a^{12}}{2.4.6.11z^{11}} + \frac{1.3.5a^{16}}{2.4.6.8.15x^{15}} - \frac{1.3.5a^{16}}{2.4.6.8.15z^{15}}$ &c. in infinitum.

Eadem prorſus ſeries prodit, ſi in elemento curvæ generali $\sqrt{(dx^2 + dy^2)}$ ſubſtituatur valor ipſius dx^2, ut elementum curvæ ſpeciale evadat $dy\sqrt{(1 + a^4y^{-4})}$. Enimvero cum y continuo decreſcat, nec unquam ſit major latere potentiæ a; ſeries hæc altera parum convergit.

Quodſi a dicatur 1, erit ſeries pro arcu intercepto $x - z - \frac{1}{2.3x^3} + \frac{1}{2.3z^3} + \frac{1}{2.4.7x^7} - \frac{1}{2.4.7z^7} - \frac{1.3}{2.4.6.11x^{11}} + \frac{1.3}{2.4.6.11z^{11}} + \frac{1.3.5}{2.4.6.8.15x^{15}} - \frac{1.3.5}{2.4.6.8.15z^{15}}$ &c. in infinitum $= x - z - \frac{1}{6x^3} + \frac{1}{6z^3} + \frac{1}{56x^7} - \frac{1}{56z^7} - \frac{1}{176x^{11}} + \frac{1}{176z^{11}} + \frac{5}{1920x^{15}} - \frac{5}{1920z^{15}}$ &c. in infinitum.

PROBLEMA 66.

180. *Data area hyperbolæ intra aſymptotos, invenire abſciſſam eidem reſpondentem.*

Sit area hyperbolæ $= t$, abſciſſa a fine lateris potentiæ hyperbolæ computata $= x$, erit (§. 120. *part.1.*)

$$t = x - \tfrac{1}{2}x^2 + \tfrac{1}{3}x^3 - \tfrac{1}{4}x^4 \text{ \&c.}$$

Fiat $x = at + bt^2 + ct^3 + dt^4$ &c.

$$\begin{aligned} \text{erit } x^2 &= +a^2t^2 + 2abt^3 + b^2t^4 \\ &\qquad\qquad + 2act^4 \\ x^3 &= \qquad + a^3t^3 + 3a^2bt^4 \\ x^4 &= \qquad\qquad + a^4t^4 \end{aligned}$$

adeoque

$$\begin{aligned} x &= at + bt^2 + ct^3 + dt^4 \text{ \&c.} \\ -\tfrac{1}{2}x^2 &= -\tfrac{1}{2}a^2t^2 - abt^3 - \tfrac{1}{2}b^2t^4 \\ &\qquad - act^4 \\ +\tfrac{1}{3}x^3 &= +\tfrac{1}{3}a^3t^3 + a^2bt^4 \\ -\tfrac{1}{4}x^4 &= -\tfrac{1}{4}a^4t^4 \\ -t &= -t \end{aligned}$$

Digitized by Google

Habemus itaque

$a-1=0 \qquad b-\frac{1}{2}a^2=0$

$a=1 \qquad b=\frac{1}{2}$

$c-ab+\frac{1}{3}a^3=0$

h. e. $c-\frac{1}{2}+\frac{1}{3}=0$

$c=\frac{3}{6}-\frac{2}{6}=\frac{1}{6}$

$d-\frac{1}{2}b^2-ac+a^2b-\frac{1}{4}a^4=0$

h. e. $d-\frac{1}{8}-\frac{1}{6}+\frac{1}{2}-\frac{1}{4}=0$

$d=\frac{14}{48}-\frac{1}{4}=\frac{7}{24}-\frac{6}{24}=\frac{1}{24}$

Eſt igitur $x=t+\frac{1}{2}t^2+\frac{1}{6}t^3+\frac{1}{24}t^4$ &c. $=\frac{1}{1}t+\frac{1}{1.2}t^2+\frac{1}{1.2.3}t^3+\frac{1}{1.2.3.4}t^4+\frac{1}{1.2.3.4.5}t^5$ &c. in infinitum. Quod ſi terminus primus dicatur A, ſecundus B, tertius C, quartus D &c. erit $x=t+\frac{1}{2}At+\frac{1}{3}Bt+\frac{1}{4}Ct+\frac{1}{5}Dt$ &c. in infinitum.

SCHOLION.

181. *Eodem prorſus modo in aliis caſibus inveniri poteſt baſis, ſi figura area datur per ſeriem infinitam, ut pluribus exemplis non ſit opus.*

PROBLEMA 67.

182. *Quadrare Cycloidem ex ſuppoſita arcus cirruli rectificatione vi ſinus verſi.*

In Cycloide eſt arcus AP=PM (§.575. *part. 1*). Jam ſi AQ=x, arcus AP, (§.157) conſequenter, Tab. I. Fig. 7.

$PM=x^{1:2}+\frac{1}{6}x^{3:2}+\frac{3}{40}x^{5:2}+\frac{5}{112}x^{7:2}$ &c.

$PQ=x^{1:2}-\frac{1}{2}x^{3:2}-\frac{1}{8}x^{5:2}-\frac{1}{16}x^{7:2}$ (§.124)

$QM=2x^{1:2}-\frac{1}{3}x^{3:2}-\frac{1}{20}x^{5:2}-\frac{1}{56}x^{7:2}$

Quare elementum $QMmq=2x^{1:2}dx-\frac{1}{3}x^{3:2}dx-\frac{1}{20}x^{5:2}dx-\frac{1}{56}x^{7:2}dx$ &c. prorſus ut ſupra (§.131).

SCHOLION.

183. *Methodo hac quadrandi cycloidem uſus eſt* Newtonus (n): *quam ideo ſuperiori addidimus, ut appareat, quomodo ſubinde quadratura curvarum ex aliarum rectificationibus deducantur. Etenim pro circulo ſubſtitui poſſunt curva alia, quarum arcui* AP *aequalis eſt* PM. *Dari etiam poſſunt exempla, in quibus arcus datur non per abſciſſam, ut in exemplo praeſente, ſed per ſemiordinatam veluti ſi* AP *ſit parabcla* (§. 146).

PROBLEMA 68.

184. *Data chorda arcus cuiuscunque invenire chordam arcus alterius, qui ſit ad illam in ratione data.*

Sit diameter circuli $=d$
chorda arcus dati $=a$
ratio arcuum $=1:n$
chorda arcus quaeſiti $=x$
erit (§.169)

arcus

(n) in Analyſi per aequationes numero terminorum infinitas p. 18.

arcus datus $= a + \frac{1}{2.3d^2} a^3 + \frac{1.3}{2.4.5d^4} a^5 + \frac{1.3.5}{2.4.6.7d^6} a^7 \&c. = a + \frac{1}{2.3d^2} a^3 + \frac{3.3}{2.3.4.5.d^4} a^5 + \frac{3.3.5.5}{2.3.4.5.6.7d^6} a^7 \&c.$

arcus quæſitus $= x + \frac{1}{2.3d^2} x^3 + \frac{3.3}{2.3.4.5d^4} x^5 + \frac{3.3.5.5}{2.3.4.5.6.7d^6} x^7 \&c.$

Quoniam arcus datus ad quæſitum ut 1 ad n; erit (§. 297. *Arithm.*)

$$na + \frac{n}{2.3d^2} a^3 + \frac{3.3n}{2.3.4.5d^4} a^5 + \frac{3.3.5.5n}{2.3.4.5.6.7d^6} a^7 \&c. = x + \frac{1}{2.3d^2} x^3 + \frac{3.3}{2.3.4.5d^4} x^5 + \frac{3.3.5.5}{2.3.4.5.6.7d^6} x^7 \&c.$$

conſequenter ſi prima ſeries ſit = A altera = B, erit B−A=o.

Fiat

$$x = ha + ia^3 + ka^5 + la^7 \&c.$$
$$x^3 = h^3a^3 + 3h^2ia^5 + 3h^2ka^7 + 3hi^2a^7$$
$$x^5 = + h^5a^5 + 5h^4ia^7$$
$$x^7 = h^7a^7$$

adeoque

$$x = ha + ia^3 + ka^5 + la^7 \&c.$$
$$+ \frac{1}{2.3d^2} x^3 = + \frac{1}{2.3d^2} h^3a^3 + \frac{1}{2d^2} h^2ia^5 + \frac{1}{2d^2} h^2ka^7$$
$$+ \frac{1}{2d^2} hi^2a^7$$
$$+ \frac{3.3}{2.3.4.5d^4} x^5 = + \frac{3.3}{2.3.4.5d^4} h^5a^5 + \frac{3.3}{2.3.4d^4} h^4ia^7$$
$$+ \frac{3.3.5.5}{2.3.4.5.6.7d^6} x^7 \&c. = + \frac{3.3.5.5}{2.3.4.5.6.7d^6} h^7a^7 \&c.$$
$$-A = -na - \frac{n}{2.3d^2} a^3 - \frac{3.3n}{2.3.4.5d^4} a^5 - \frac{3.3.5.5n}{2.3.4.5.6.7d^6} a^7 \&c.$$

Habemus itaque

$$h - n = o$$
$$h = n$$
$$i + \frac{1}{2.3d^2} h^3 - \frac{n}{2.3d^2} = o$$
$$i = \frac{n + n^3}{2.3d^2}$$
$$= \frac{n.1 - n^2}{2.3d^2}$$

 $k +$

$$k + \frac{1}{2d^2}h^2 i + \frac{3.3}{2.3.4.5d^4}h^5 - \frac{3.3n}{2.3.4.5d^4} = 0$$

$$k = \frac{3.3n}{2.3.4.5d^4} - \frac{3.3}{2.3.4.5d^4}h^5 - \frac{1}{2d^2}h^2 i$$

Eſt vero

$$h^5 = n^5$$

$$\frac{3.3}{2.3.4.5d^4}h^5 = \frac{9n^5}{2.3.4.5d^4}$$

$$h^2 = n^2$$

$$i = \frac{n - n^3}{2.3d^2}$$

$$h^2 i = \frac{n^3 - n^5}{2.3d^2}$$

$$\frac{1h^2 i}{2d^2} = \frac{n^3 - n^5}{3.4d^4}$$

$$= \frac{10n^3 - 10n^5}{2.3.4.5d^4}$$

Quamobrem

$$k = \frac{9n - 9n^5 - 10n^3 + 10n^5}{2.3.4.5d^4}$$

$$= \frac{9n - 10n^3 + n^5}{2.3.4.5d^4}$$

$$= \frac{n.\,\overline{1-n^2}.\,\overline{9-n^2}}{2.3.4.5d^4}$$

Eodem modo reperitur $l = \frac{n.\,\overline{1-n^2}.\,\overline{9-n^2}.\,\overline{25-n^2}}{2.3.4.5.6.7d^6}$.

Eſt igitur chorda arcus quæſiti $= na + \frac{n.\,\overline{1-n^2}}{2.3d^2}a^3 + \frac{n.\,\overline{1-n^2}.\,\overline{9-n^2}}{2.3.4.5d^4}a^5 + \frac{n.\,\overline{1-n^2}.\,\overline{9-n^2}.\,\overline{25-n^2}}{2.3.4.5.6.7d^6}a^7$ &c. in infinitum.

SCHOLION.

185. *Cum ſinus ſit arcus dimidii ſubtenſa dimidia* (§. 2. Trigon.); *formula præſens ſinibus computandis inſervit.*

PROBLEMA 69.

186. *Quadrare ſectorem Ellipſis* DCM.

Ducatur Cm ex centro C ipſi C Tab. IV.
M infinite propinqua & ex eo- Fig.
dem centro C radio CM deſcriba- 5.
tur arcus MN, erit angulus ad N rectus (§. 38) & ſector infinite parvus CMN = MN. $\frac{1}{2}$ CM (§. 435 *Geom.*). Eſt vero Mm^2 − Nm^2 = MN^2 (§. 417 *Geom.*).

Sit jam AC $= a$, parameter $= b$,
PC $= x$, PM $= y$
erit AP $= a - x$
PB $= a + x$

AP. PB $= a^2 - x^2$

conſequenter (§. 420 *part. 1.*)

b : AB

$b : AB = PM^2 : AP.PB$

$b : 2a = y^2 : a^2 - x^2$

$$y^2 = \frac{a^2b - bx^2}{2a}$$

$$= \frac{2a^3b - 2abx^2}{4a^2}$$

Porro $CP^2 = x^2$

$$PM^2 = \frac{2a^3b - 2abx^2}{4a^2}$$

$$CM^2 = x^2 + \frac{2a^3b - 2abx^2}{4a^2}$$

$$= \frac{4a^2x^2 + 2a^3b - 2abx^2}{4a^2}$$

$$CM = \frac{1}{2a}\sqrt{(4a^2x^2 + 2a^3b - 2abx^2)}$$

$$= \frac{1}{2a}(4a^2x^2 + 2a^3b - 2abx^2)^{1:2}$$

$$Nm = \frac{2axdx - bxdx}{\sqrt{(4a^2x^2 - 2abx^2 + 2a^3b)}}$$

$$Nm^2 = \frac{(4a^2x^2 - 4abx^2 + b^2x^2)dx^2}{4a^2x^2 - 2abx^2 + 2a^3b}$$

Jam $Mm^2 = \frac{(a^4 - a^2x^2 + c^2x^2)dx^2}{a^4 - a^2x^2}$ (§. 172)

Eſt vero $c^2 = \frac{1}{2}ab$ (§. 423 *part. 1*):

Ergo $Mm^2 = \frac{(a^4 - a^2x^2 + \frac{1}{2}abx^2)dx^2}{a^4 - a^2x^2}$

$$= \frac{(2a^3b - 2abx^2 + b^2x^2)dx^2}{2a^3b - 2abx^2}$$

Habemus itaque

$$NM^2 = \frac{(2a^3b - 2abx^2 + b^2x^2)dx^2}{2a^3b - 2abx^2} + \frac{dx^2(-4a^2x^2 + 4abx^2 - b^2x^2)}{4a^2x^2 - 2abx^2 + 2a^3b}$$

Quodſi jam partes has ipſius NM^2 reducas ad eandem de nominationem, prodibit $(2a^3b - 2abx^2 + b^2x^2)(4a^2x^2 - 2abx^2 + 2a^3b) = 8a^5bx^2 - 8a^3bx^4 + 8a^2b^2x^4 - 8a^4b^2x^2 - 2ab^3x^4 + 4a^6b^2 + 2a^3b^3x^2$ & $(-4a^2x^2 + 4abx^2 - b^2x^2)(2a^3b - 2abx^2) = -8a^5bx^2 + 8a^4b^2x^2 - 2a^3b^2x^2 + 8a^3bx^4 - 8a^2b^2x^4 + 2ab^3x^4$.

Quare $NM^2 = \frac{4a^6b^2dx^2}{(2a^3b - 2abx^2)(4a^2x^2 - 2abx^2 + 2a^3b)}$

adeoque $NM = \frac{2a^3bdx}{\sqrt{(2a^3b - 2abx^2)}\sqrt{(4a^2x^2 - 2abx^2 + 2a^3b)}}$

Jam cum ſit $\frac{1}{2}CM = \frac{1}{4a}\sqrt{(4a^2x^2 - 2abx^2 + 2a^3b)}$; erit tandem elementum Sectoris CMN $= \frac{a^2bdx}{2\sqrt{(2a^3b - 2abx^2)}}$

$$= \frac{2a^2bdx}{4\sqrt{2ab}.\sqrt{(a^2 - x^2)}} = \frac{adx\sqrt{2ab}}{4\sqrt{(a^2 - x^2)}}.$$

Eſt vero $\sqrt{2ab} = 2c$. Ergo CMN $= \frac{2acdx}{4\sqrt{(a^2 - x^2)}} = \frac{acdx}{2\sqrt{(a^2 - x^2)}}$, conſequenter

quenter ſector BCM $= \frac{1}{2} c \int \frac{adx}{\sqrt{(a^2-x^2)}}$

Enimvero $\int \frac{adx}{\sqrt{(a^2-x^2)}}$ eſt elementum arcus circuli LE radio CA deſcripti, cujus ſinus eſt PC (§. 153). Quare cum in ſuperioribus hunc arcum quadrare docuimus, non alia re opus eſt, quam ut is ducatur in $\frac{1}{2}c$ ſive quartum partem axis minoris CD, ut prodeat ſector ellipticus DCM.

COROLLARIUM.

187. Quodſi fiat $c = a$, hoc eſt CD = CE, Ellipſis degenerat in circulum, & formula pro ſectore DCM degenerat in $\frac{1}{2} a \int \frac{adx}{\sqrt{(a^2-x^2)}} = \frac{1}{2}$ CE. LE, adeoque ſector ellipticus DCM in ſectorem circuli ECL (§ 435 *Geom.*). Eſt itaque

$$DCM : ECL = \tfrac{1}{2} c \int \frac{adx}{\sqrt{(a^2-x^2)}} : \tfrac{1}{2} a \int \frac{adx}{\sqrt{(a^2-x^2)}}$$
$$= c : a \quad (\text{§. 124 } part. 1)$$
$$= CD : EL$$

hoc eſt, ſector ellipticus DCM eſt ad ſectorem circuli circa axem majorem deſcripti, ſinu arcuum PC utrobique exiſtente eodem, ut axis minor ad majorem.

SCHOLION.

188. *Pendet adeo quadratura ſectoris elliptici a quadratura ſectoris circuli.*

PROBLEMA 70.

189. *Quadrare ſectorem hyperbolicum* CAM *radio* CM *ex centro* C *ducto.*

Intelligatur radius Cm ipſi CM infinite propinquus, & radio CM deſcribatur arcus circuli MN, erit ad N angulus rectus (§. 38.), $MN^2 = Mm^2 - Nm^2$ (§. 417 *Geom.*) & $\frac{1}{2}$CM. MN ſector infinite parvus CMN (§. 435 *Geom.*) ſeu elementum ſectoris hyperbolici quadrandi CAM. Tab. IV. Fig. 51.

Sit jam PC $= x$
AC = CB $= a$ erit AP $= x - a$
Parameter $= b$ PB $= x + a$

$$AP . PB = x^2 - a^2$$

adeoque (§. 459 *part. 1*)

$$AB : b = AP . PB : PM^2$$
$$2a : b = x^2 - a^2 :$$

Quare

$$PM^2 = \frac{bx^2 - ba^2}{2a}$$
$$CP^2 = x^2$$

$$CM^2 = x^2 + \frac{bx^2 - ba^2}{2a}$$
$$= \frac{2ax^2 + bx^2 - ba^2}{2a}$$
$$= \frac{4a^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b}{4a^2}$$

$$CM = \frac{1}{2a} \sqrt{(4a^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b)}$$

Digitized by Google

$$= \frac{1}{2a}(4a^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b)^{1:2}$$

$$Nm = \frac{2axdx + bxdx}{\sqrt{(4a^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b)}}$$

$$Nm^2 = \frac{dx^2(4a^2x^2 + 4abx^2 + b^2x^2)}{4a^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b}$$

Jam $y^2 = \frac{bx^2 - ba^2}{2a}$

$$2ydy = \frac{2bxdx}{2a}$$

$$y^2dy^2 = \frac{b^2x^2dx^2}{4a^2}$$

$$dy^2 = \frac{b^2x^2dx^2}{4a^2y^2} = \frac{b^2x^2dx^2}{2abx^2 - 2a^3b}$$

$$dx^2 + dy^2 = \frac{b^2x^2dx^2}{2abx^2 - 2a^3b} + dx^2$$

h. e $Mm^2 = \frac{(b^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b)dx^2}{2abx^2 - 2a^3b}$

$$Nm^2 = \frac{(4a^2x^2 + 4abx^2 + b^2x^2)dx^2}{4a^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b}$$

$$NM^2 = \frac{(b^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b)dx^2}{2abx^2 - 2a^3b}$$

$$+ \frac{dx^2(-4a^2x^2 - 4abx^2 - b^2x^2)}{4a^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b}$$

Si fiat reductio ad eandem denominationem (§.235 *Arithm.*), reperitur

$$b^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b$$
$$4a^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b$$

$$- 2a^3b^3x^2 - 4a^4b^2x^2 + 4a^6b^2$$
$$+ 2ab^3x^4 + 4a^2b^2x^4 - 4a^4b^2x^2$$
$$+ 4a^2b^2x^4 + 8a^3bx^4 - 8abx^2$$

&

$$- 4a^2x^2 - 4abx^2 - b^2x^2$$
$$2abx^2 - 2a^3b$$

$$+ 8a^5bx^2 + 8a^4b^2x^2 + 2a^3b^3x^2$$
$$- 8a^3bx^4 - 8a^2b^2x^4 - 2ab^3x^2$$

conſequenter productis hiſce in unam ſummam collectis,

$$NM^2 = \frac{4a^6b^2dx^2}{(2abx^2 - 2a^3b)(4a^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b)}$$

$$NM = \frac{2a^3bdx}{\sqrt{(2abx^2 - 2a^3b)}\sqrt{(4a^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b)}}$$

Jam $\frac{1}{2}CM = \frac{1}{4a}\sqrt{(4a^2x^2 + 2abx^2 - 2a^3b)}$

$$\tfrac{1}{2}CM.NM = \frac{2a^3bdx}{4\sqrt{2abx^2 - 2a^3b)}} = \frac{adx\sqrt{2ab}}{4\sqrt{x^2 - a^2)}}$$

Eſt

Eſt vero $\sqrt{2ab}$ axis conjugatus (§.461. *part. 1*) qui ſi dicatur $2c$; erit ſectoris hyperbolici elementum

$$= \frac{acdx}{2\sqrt{(x^2-a^2)}}$$

Jam in hyperbola æquilatera $a=c$ (§.505 *part. 1.*). Ergo elementum ſectoris $=\frac{a^2dx}{2\sqrt{(x^2-a^2)}}$.

Reſolvatur $1:\sqrt{(x^2-a^2)}=(x^2-a^2)^{-1:2}$ in ſeriem (§. 99 *part. 1.*), erit

$$m=-1 \quad n=2$$

$$P=x^2 \quad Q=-\frac{a^2}{x^2} = -a^2x^{-2}$$

$$P^{m:n}=x^{-1}=A$$

$$\frac{m}{n}AQ = -\tfrac12 . x^{-1} . -a^2x^{-2} = +\tfrac12 a^2 x^{-3} = B$$

$$\frac{m-n}{2n}BQ = -\tfrac34 . \tfrac12 a^2x^{-3} . -a^2x^{-2} = + \frac{1.3}{2.4}a^4x^{-5}=C$$

$$\frac{m-2n}{3n}CQ = -\tfrac56 . \frac{1.3}{2.4}a^4x^{-5} . -a^2x^{-2} = +\frac{1.3.5}{2.4.6}a^6x^{-7}=D$$

$$\frac{m-3n}{4n}DQ = -\tfrac78 . \frac{1.3.5}{2.4.6}a^6x^{-7} . -a^2x^{-2} = +\frac{1.3.5.7}{2.4.6.8}a^8x^{-9}$$

Habemus itaque

$$\frac{dx}{\sqrt{(x^2-a^2)}} = x^{-1}dx + \tfrac12 a^2x^{-3}dx + \frac{1.3}{2.4}a^4x^{-5}dx + \frac{1.3.5}{2.4.6}a^6x^{-7}dx + \frac{1.3.5.7}{2.4.6.8}a^8x^{-9}dx$$ &c. in infinitum.

Quare $\frac{acdx}{2\sqrt{(x^2-a^2)}} = \tfrac12 acx^{-1}dx + \tfrac14 a^3cx^{-3}dx + \frac{1.3}{4.4}a^5cx^{-5}dx + \frac{1.3.5}{4.4.6}a^7cx^{-7}dx + \frac{1.3.5.7}{4.4.6.8}a^9cx^{-9}dx$ &c.

Habemus itaque ſectorem CAM $= \tfrac12 ac\int x^{-1}dx - \frac{1}{2.4}a^3cx^{-2} - \frac{1.3}{4.4.4}a^5cx^{-4} - \frac{1.3.5}{4.4.6.6}a^7cx^{-6} - \frac{1.3.5.7}{4.4.6.8.8}a^9cx^{-8}$ &c. $=\tfrac12 ac\int x^{-1}dx - \frac{a^3c}{2.4x^2} - \frac{1.3a^5c}{4.4.4x^4} - \frac{1.3.5a^7c}{4.4.6.6x^6} - \frac{1.3.5.7a^9c}{4.4.6.8.8x^8}$ &c. in infinit.

Quoniam $\tfrac12 ac\int x^{-1}dx$ pendet a quadratura hyperbolæ intra aſymptotos (§.120); evidens eſt quadraturam ſectoris hyperbolici in hoc caſu ſupponere quadraturam hyperbolæ intra aſymptotos.

Quod-

Digitized by Google

Quodſi hyperbola ad axem ſecundum referenda, fiat dimidius axis ſecundus $CD=c$, $CA=CB=a$, $CQ=PM=x$, $CP=QM=y$, erit $PM^2=x^2$, $AP.PB=y^2-a^2$ & (§. 469 *part. I.*)

$$AC^2 : CD^2 = AP.PB : PM^2$$
$$a^2 : c^2 = y^2-a^2 : x^2$$

$$\frac{c^2y^2}{a^2} - c^2 = x^2$$

$$\frac{c^2y^2}{a^2} = x^2+c^2$$

Quoniam linea, quæ eſt tertia proportionalis ad axem ſecundum 2CD & primarium AB dicitur parameter reſpectu axis ſecundi, quemadmodum parameter reſpectu axis primarii AB eſt tertia proportionalis ad AB & 2CD (§. 461 *part. I*); ſi parameter reſpectu axis 2CD dicatur p, erit $c : a = 2a : p$, adeoque $2a^2 : c = p$, conſequenter $2a^2 : c^2 = p : c$ & $c^2 : a^2 = 2c : p$. Hoc valore ipſius $c^2 : a^2$ in æquatione ſubſtituto, prodit

$$\frac{2cy^2}{p} = x^2+c^2$$

$$y^2 = \frac{px^2+c^2}{2c}$$

Jam $PM^2 = x^2$

Ergo $CM^2 = x^2 + \frac{px^2+pc^2}{2c}$

$$= \frac{2cx^2+px^2+pc^2}{2c}$$

$$= \frac{4c^2x^2+2pcx^2+2pc^3}{4c^2}$$

$$CM = \frac{1}{2c}\sqrt{(4c^2x^2+2pcx^2+2pc^3)}$$

$$Nm = \frac{2cxdx+pxdx}{\sqrt{(4c^2x^2+2pcx^2+pc^3)}}.$$

Porro $y^2 = \frac{px^2+pc^2}{2c}$

adeoque $2ydy = \frac{2pxdx}{2c}$

$$dy^2 = \frac{p^2x^2dx^2}{4c^2y^2}$$

$$= \frac{p^2x^2dx^2}{2pcx^2+2c^3p}$$

$$Mm^2 = \frac{p^2x^2dx^2}{2pcx^2+2pc^3} + dx^2$$

$$= \frac{p^2x^2dx^2+2pcx^2dx^2+2pc^3dx^2}{2pcx^2+2pc^3}$$

$$Nm^2 = \frac{(4c^2x^2+4pcx^2+p^2x^2)dx^2}{4c^2x^2+2pcx^2+2pc^3}$$

$$NM^2 = \frac{(px^2+2pcx^2+2pc^3)dx^2+dx^2}{2pcx^2+2pc^3}\frac{(-4c^2x^2-4pcx^2-p^2x^2)}{4c^2x^2+2pcx^2+2pc^3} = \frac{4p^2c^6dx^2}{(2pcx^2+2pc^3)(4c^2x^2+2pcx^2+2pc^3)}$$

$$NM = \frac{2pc^3dx}{\sqrt{(2pcx^2+2pc^3)}.\sqrt{(4c^2x^2+2pcx^2+2pc^3)}}$$

$$\tfrac{1}{2}CM = \frac{1}{4c}\sqrt{(4c^2x^2+2pcx^2+2pc^3)}$$

$$CMN = \frac{2pc^2dx^2}{4\sqrt{pc}\sqrt{(x^2+c^2)}}$$

$$= \frac{cdx\sqrt{2pc}}{4\sqrt{(c^2+x^2)}}$$

$$= \frac{acdx}{2\sqrt{(c^2+x^2)}} \quad \text{ob} \sqrt{2bc} = 2a.$$

$$= \tfrac{1}{2}acdx(c^2+x^2)^{-1:2}$$

Reſolvatur $1:\sqrt{(c^2+x^2)}$ in ſeriem: erit in theoremate generali (*§. 99 part. 1.*)

$$m=-1 \quad n=2 \quad P=c^2 \quad Q=\frac{x^2}{c^2}$$

$$P^{m:n} = c^{-1} = \frac{1}{c} = A$$

$$\frac{m}{n}AQ = -\frac{1}{2}.\frac{1}{c}.\frac{x^2}{c^2} = -\frac{x^2}{2c^3} = B$$

$$\frac{m-n}{2n}BQ = -\frac{3}{4}.-\frac{x^2}{2c^3}.\frac{x^2}{c^2} = +\frac{1.3x^4}{2.4c^5} = C$$

$$\frac{m-2n}{3n}CQ = -\frac{5}{6}.\frac{1.3x^4}{2.4c^5}.\frac{x^2}{c^2} = -\frac{1.3.5x^6}{2.4.6c^7} = D$$

$$\frac{m-3n}{4n}DQ = -\tfrac{7}{8}.-\frac{1.3.5x^6}{2.4.6c^7}.\frac{x^2}{c^2} = +\frac{1.3.5.7x^8}{2.4.6.8c^9} \&c.$$

Eſt itaque $\frac{acdx}{2\sqrt{(c^2+x^2)}} = \frac{1}{2}adx - \frac{ax^2dx}{4c^2} + \frac{1.3ax^4dx}{4.4c^4} - \frac{1.3.5ax^6dx}{4.4.6c^6} + \frac{1.3.5.7ax^8dx}{4.4.6.8c^8}$ &c. conſequenter $CMA = \frac{1}{2}ax - \frac{ax^3}{3.4c^2} + \frac{1.3ax^5}{4.4.5c^4} - \frac{1.3.5ax^7}{4\ 4.6.7c^6} + \frac{1.3.5.7ax^9}{4.4.6.8.9c^8}$ &c.

Patet igitur, quadraturam ſectoris hyperbolici CAM hoc in caſu non pendere a Quadratura hyperbolæ intra aſymptotos. Quoniam tamen x ultra a in infinitum excreſcit; ubi procul a vertice diſceſſeris, ſeries poſterior minus convergit priori; ſed quamdiu $x < a$, eadem magis convergit.

COROLLARIUM. 1.

190. Quoniam in hyperbola $y^2 =$ $(bx^2$

$(bx^2+bc^2):2c$; erit $2c : b = x^2 + c^2 : y^2$, hoc eſt, axis ſecundus ſeu conjugatus eſt ad ipſius parametrum ut Quadratum ſemiordinatæ PM & dimidii axis conjugati CD ad Quadratum diſtantiæ ſemiordinatæ a centro CP.

COROLLARIUM. 2.

191. Cum in hyperbola æquilatera ſit $c = a$, ſector hyperbolicus eſt $\int a^2 dx : 2\sqrt{(a^2+x^2)} = \frac{1}{2}ax - \frac{x^3}{3 \cdot 4a} + \frac{1 . 3x^5}{4 \cdot 4 \cdot 5a^3} - \frac{1 . 3 . 5x^7}{4 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 7a^5} + \frac{1 . 3 . 5 . 7x^9}{4 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8 \, 9a^8}$ &c.

PROBLEMA 71.

Tab. IV. Fig. 52. 192. *Data tangente* AE *arcus elliptici* AM *invenire ſectorem* AMC.

Quoniam tangens AE axi conjugato DC eſt parallela (§. 448. 444 *part. 1*), DC vero ad AB perpendicularis; erit etiam EA perpendicularis ad AB (§. 230. *Geom.*), adeoque angulus ad A rectus (§. 78. *Geom.*). Sit jam $AC = a$, $CD = 1$, $AE = x$, $PM = y$. Ducatur Ce ipſi CE infinite propinqua, & ex centro C radio CE arcus EN atque radio CM arcus MO. Erit $\Delta EeN \backsim \Delta AEC$, quemadmodum ſupra in caſu ſimili (§. 124) demonſtratum eſt, $Ee = dx$ & ob $EC^2 = AE^2 + AC^2$ (§. 417 *Geom.*) $EC = \sqrt{(x^2+a^2)}$. Jam cum ſit (§. 267 *Geom.*)

$$EC : AC = Ee : EN$$
$$\sqrt{(x^2+a^2)} : a = dx :$$

erit $EN = \frac{adx}{\sqrt{(x^2+a^2)}}$

Porro ob parallelismum rectarum AE & PM (§. 256. *Geom.*), erit (§. 268 *Geom.*)

$$EA : AC = PM : PC$$
$$x : a = y :$$

adeoque $PC = \frac{ay}{x}$

$$PC^2 = \frac{a^2y^2}{x^2}.$$

Porro (§. 430 *part. 1.*)

$$CD^2 : AC^2 = PM^2 : AC^2 - PC^2$$
$$1 : a^2 = y^2 : a^2 - \frac{a^2y^2}{x^2}$$

Quare (§. 297. *Arithm.*)

$$a^2y^2 = a^2 - \frac{a^2y^2}{x^2}$$

$$x^2y^2 = x^2 - y^2$$

$$x^2y^2 + y^2 = x^2$$

$$PM^2 = y^2 = \frac{x^2}{x^2+1}$$

$$PC^2 = \frac{a^2y^2}{x^2} = \frac{a^2}{x^2+1}$$

CM²

$$CM^2 = \frac{x^2+a^2}{x^2+1}$$

$$CM = \frac{\sqrt{(x^2+a^2)}}{\sqrt{x^2+1)}}$$

Denique ob ſectores ſimiles CEN & CMO (§.137.412. *Geom.*)

$$CE : EN = CM : OM$$

$$\sqrt{(x^2+a^2)} : \frac{adx}{\sqrt{(x^2+a^2)}} = \frac{\sqrt{(x^2+a^2)}}{\sqrt{(x^2+1)}} :$$

adeoque $OM = \frac{adx}{\sqrt{(x^2+a^2)}\sqrt{(x^2+1)}}$

Jam $\frac{1}{2} CM = \frac{\sqrt{(x^2+a^2)}}{2\sqrt{(x^2+1)}}$

Ergo $CMO = \frac{\frac{1}{2}adx}{1+x^2}$

Eſt igitur elementum ſectoris elliptici ACE idem cum ſectore circuli (§. 124), ſi CD=1.

Quare ſector $AMC = \frac{1}{2}a(x - \frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{5}x^5 - \frac{1}{7}x^7 + \frac{1}{9}x^9$ &c. in infinit.).

PROBLEMA 72.

Tab. IV. Fig. 52. 193. *Dato ſectore* KFB *recta* K F *ex foco Ellipſis ducta, invenire ſemiordinatam* KQ.

Sit $AC = CB = a$ $QK = y$

$FB = b$ ſector $KFB = \frac{1}{2}v$

$CD = c$ erit Differentiale ejus $\frac{1}{2}dv$

& ob $QB.QA = BC^2 - QC^2$ (§. 431 *part. 1.*) ex natura ellipſis (§. 430. *part. 1*)

$$CD^2 : CB^2 = QK^2 : CB^2 - QC^2$$

adeoque $CD^2 : QK^2 = CB^2 : CB^2 - QC^2$ (§. 124 *part. 1.*)

$$CD^2 : CD^2 - QK^2 = CB^2 : QC^2$$

$$c^2 : c^2 - y^2 = a^2 :$$

conſequenter $CQ^2 = a^2(c^2 - y^2) : c^2$

$$CQ = a\sqrt{(c^2-y^2)} : c$$
$$CB = a$$

$$QB = a - a\sqrt{(c^2-y^2)} : c$$
$$FB = b$$

$$FQ = b - a + a\sqrt{(c^2-y^2)} : c$$

Differentiale ipſius $FQ = \frac{aydy}{c\sqrt{(c^2-y^2)}}$

$$KQ = y$$

Elementum ſegmenti $KQB = \frac{ay^2dy}{c\sqrt{(c^2-y^2)}}$

Porro

$$FQ = b - a + a\sqrt{(c^2-y^2)} : c$$
$$\frac{1}{2}QK = \frac{1}{2}y$$

$$\triangle FQK = \frac{1}{2}by - \frac{1}{2}ay + \frac{ay\sqrt{c^2-y^2)}}{2c}$$

Differ.

Differ. $\Delta FQK = \frac{1}{2} bdy - \frac{1}{2} ady - \frac{ay^2 dy}{2c\sqrt{(c^2-y^2)}} + ady\sqrt{(c^2-y^2)}:2c$

hoc eſt, reductione ad eandem denominationem facta,

$$d\Delta FQK = \frac{(bc-ac)\sqrt{(c^2-y^2)}\,dy +}{2c\sqrt{(c^2-y^2)}} \frac{(ac^2-2ay^2)dy}{}$$

$$dKQB = \frac{2ay^2 dy}{2c\sqrt{(c^2-y^2)}}$$

$$dFKB = \frac{(bc-ac)\sqrt{(c^2-y^2)}dy + ac^2 dy}{2c\sqrt{(c^2-y^2)}}$$

$$= \frac{acdy + (b-a)\sqrt{(c^2-y^2)}\,dy}{2\sqrt{(c^2-y^2)}}$$

Habemus itaque

$$\frac{acdy + (b-a)\sqrt{(c^2-y^2)}dy}{2\sqrt{(c^2-y^2)}} = \tfrac{1}{2}dv$$

$$[ac + (b-a)\sqrt{(c^2-y^2)}]dy = dv\sqrt{(c^2-y^2)}$$

$$\frac{dy}{dv}[ac + (b-a)\sqrt{(c^2-y^2)}] = \sqrt{(c^2-y^2)}$$

$$\frac{dy}{dv}[ac + (b-a)\sqrt{(c^2-y^2)}] - \sqrt{(c^2-y^2)} = 0$$

Jam ut valor ipſius y per v exprimatur, quod eſt quod quæritur, fiat

$$y = hv + iv^3 + lv^5 + mv^7 \text{ \&c.}$$

erit $dy = hdv + 3iv^2dv + 5lv^4dv + 7mv^6dv$

$$\frac{dy}{dv} = h + 3iv^2 + 5lv^4 + 7mv^6$$

$$y^2 = h^2v^2 + 2hiv^4 + i^2v^6 + 2hlv^6 \text{ \&c.}$$

$$y^4 = h^4v^4 + 4h^3iv^6 \text{ \&c.}$$

$$y^6 = h^6v^6 \text{ \&c.}$$

Porro $\sqrt{(c^2-y^2)} = c - \frac{y^2}{2c} - \frac{y^4}{8c^3} - \frac{y^6}{16c^5}$ (§. 99 *part.1*)

$$= c - \frac{h^2v^2}{2c} - \frac{2hiv^4}{2c} - \frac{i^2v^6}{2c} - \frac{2hlv^6}{2c}\text{\&c.} - \frac{h^4v^4}{8c^3} - \frac{4h^3iv^6}{8c^3}\text{\&c.} - \frac{h^6v^6}{16c^5}\text{ \&c.}$$

$$\frac{bdy}{dv} = bh + 3biv^2 + 5blv^4 + 7bmv^6$$

$$\begin{array}{llll}
\frac{bdy\sqrt{}(c^2-y^2)}{dv}=bch & +3bciv^2 & +5bclv^4 & +7bcmv^6 \\
 & -\frac{bh^3}{2c} & -\frac{2bh^2i}{2c} & -\frac{bhi^2}{2c} \\
 & & & -\frac{2bh^3l}{2c} \\
 & & -\frac{bh^5}{8c^3} & -\frac{4bh^4i}{8c^3} \\
 & & -\frac{3bh^2i}{2c} & -\frac{bh^6}{16c^5} \\
 & & & -\frac{6bhi^2}{2c} \\
 & & & -\frac{5bh^2l}{2c} \\
 & & & -\frac{3bh^4i}{8c^3}
\end{array}$$

Quodſi pro b ſubſtituatur a, prodibit valor ipſius $\frac{ady}{dv}\sqrt{}(c^2-y^2)$.
Quamobrem ſi hi valores in æquatione $\frac{dy}{dv}(ac+(b-a)\sqrt{}(c^2-y^2))-\sqrt{}(c^2-y^2)=0$ ſubſtituantur, prodibit

$$\begin{array}{lllll}
\frac{acdy}{dv} = ach & +3aciv^2 & +5aclv^4 & +7acmv^6 & \&c. \\
\frac{bdy\sqrt{}(c^2-y^2)}{dv}=bch & +3bciv^2 & +5bclv^4 & +7bcmv^6 & \\
 & -\frac{bh^3}{2c} & -\frac{2bh^2i}{2c} & -\frac{bhi^2}{2c} & \\
 & & & -\frac{7bh^2l}{2c} &
\end{array}$$

$-bh^3$

$$\begin{array}{llll} & & -\frac{bh^5}{8c^3} & -\frac{7bh^4i}{8c^3} \\ & & -\frac{3bh^2i}{2c} & -\frac{bh^7}{16c^5} \\ & & & -\frac{6bhi^2}{2c} \end{array}$$

$$\begin{array}{lllll} -\frac{ady\sqrt{(c^2-y^2)}}{dv} = -ach & -3aciv^2 & -5aclv^5 & -7acmv^6 & \&c. \\ & +\frac{ah^3}{2c} & +\frac{2ah^2i}{2c} & +\frac{ahi^2}{2c} & \\ & & & +\frac{7ah^2l}{2c} & \\ & & +\frac{ah^5}{8c^3} & +\frac{7ah^4i}{8c^3} & \\ & & +\frac{3ah^2i}{2c} & +\frac{ah^7}{16c^5} & \\ & & & +\frac{6ahi^2}{2c} & \end{array}$$

$$\begin{array}{lllll} -\sqrt{(c^2-y^2)} = -c & +\frac{h^2v^2}{2c} & +\frac{2hiv^4}{2c} & +\frac{i^2v^6}{2c} & \\ & & & +\frac{2hl}{2c} & \\ & & +\frac{h^4}{8c^3} & +\frac{4h^3i}{8c^3} & \\ & & & +\frac{h^6}{16c^5} & \\ & & & & \&c. = 0. \end{array}$$

Habe-

Habemus itaque

$$ach+bch-ach-c=0$$

$$bch-c=0$$

$$bh-1=0$$

$$bh=1$$

$$h=\frac{1}{b}$$

$$3aci+3bci-\frac{bh^3}{2c}-3aci+\frac{ah^3}{2c}+\frac{h^2}{2c}=0$$

$$6ac^2i+6bc^2i-bh^3-6ac^2i+ah^3+h^2=0$$

$$6bc^2i=bh^3-ah^3-h^2$$
$$=\frac{1}{b^2}-\frac{a}{b^3}-\frac{1}{b^2}$$
$$=-\frac{a}{b^3}$$

$$i=-\frac{a}{6b^4c^2}$$

$$5acl+5bcl-\frac{2bh^2i}{2c}-\frac{bh^5}{8c^3}-\frac{3bh^2i}{2c}-5acl+\frac{2ah^2i}{2c}+\frac{ah^5}{8c^3}+\frac{3ah^2i}{2c}+\frac{2hi}{2c}+\frac{h^4}{8c^3}=0$$

$$40ac^4l+40bc^4l-8bc^2h^2i-bh^5-12bc^2h^2i-40ac^4l+8ac^2h^2i+ah^5+12ac^2h^2i+8c^2hi+h^4=0$$

h.e. $40bc^4l-20bc^2h^2i-bh^5+20ac^2h^2i+8c^2hi+h^4=0$

$$40bc^4l=20bc^2h^2i+bh^5-20ac^2h^2i-8c^2hi-h^4$$

$$h^2=\frac{1}{b^2}$$

$$i=-\frac{a}{6b^4c^2}$$

$$h^2i=-\frac{a}{6b^6c^2}$$

$$20bc^2h^2i=-\frac{10a}{3b^5}$$

$$-20ac^2h^2i=+\frac{10a^2}{3b^6}$$

$$bh^5=\frac{1}{b^4}$$

$$-ah^5=-\frac{a}{b^5}$$

$$hi=-\frac{a}{6b^5c^2}$$

$$-8c^2hi=+\frac{4a}{3b^5}$$

Ergo $40bc^4l=-\frac{10a}{3b^5}+\frac{1}{b^4}+\frac{10a^2}{3b^6}-\frac{3a}{3b^5}+\frac{4a}{3b^5}-\frac{1}{b^4}$

$=10a$

$$= \frac{10a^2}{3b^6} - \frac{9a}{3b^5}$$

$$= \frac{10a^2 - 9ab}{3b^6}$$

$$l = \frac{10a^2 - 9ab}{120b^7c^4}$$

Reperitur eodem modo $m = -\frac{280a^3 + 504a^2b - 225ab^2}{5040b^{10}c^6}$, adeoque tandem $y = \frac{1}{b}v - \frac{a}{6b^4c^2}v^3 + \frac{10a^2 - 9ab}{120b^7c^4}v^5 - \frac{280a^3 + 504a^2b - 225ab^2}{5040b^{10}c^6}v^6$ &c.

PROBLEMA 73.

Tab. IV. Fig. 53. 194. *Quadrare ſectorem hyperbolicum* CAM, *data tangente ad verticem* AE:

Calculus prorſus idem, qui ſupra pro ellipſi in caſu ſimili (§. 192).

Si enim $AC = CB = a$ $PM = y$
$AE = x$ $CD = 1$
erit $Ee = dx$ $EC = \sqrt{(x^2 + a^2)}$ & ob $\triangle\triangle$ AEC & EeN ſimilitudinem $EN = adx : \sqrt{(x^2 + a^2)}$, ob ſimilitudinem vero $\triangle\triangle$CPM & CAE ut in Ellipſi $PC = ay : x$, atque ob analogiam $CD^2 : AC^2 = PM^2 : AC^2 - PC^2$ ex natura hyperbolæ (§. 469 *part. 1.*) $a^2y^2 = (a^2x^2 - a^2y^2) : x^2$. Hinc ut ſupra reperitur $CM = \sqrt{(a^2 + x^2)} : \sqrt{(1 + x^2)}$ & ob $CE : EN = CM : OM$ porro $OM = adx : \sqrt{(a^2 + x^2)}\sqrt{(1 + x^2)}$, tandemque elementum MOC ſectoris $CMP = \frac{\frac{1}{2}adx}{1 + x^2}$: quod idem prorſus eſt, quod pro ellipſi & circulo reperimus.

COROLLARIUM.

195. Eadem ergo ſeries ſectoribus circuli, ellipſis atque hyperbolæ ex data tangente inveniendis inſervit.

CAPUT IV.

DE USU CALCULI INTEGRALIS IN CUBANDIS SOLIDIS ET DIMETIENDIS SUPERFICIEBUS EORUNDEM.

DEFINITIO 8.

196. Solidum *cubare* idem eſt ac ſpatium ſolido comprehenſum dimetiri.

PROBLEMA 74.

197. *Cubare ſolidum ex rotatione figuræ planæ* ANQ *circa rectam* AQ *tanquam axem ſacta genitum.* Tab. II. Fig. 19.

RESOLUTIO.

Sit ſemiordinata *pm* alteri PM infinite propinqua: parallelogrammulum PMRp haud differet a trapeziolo PMmp (§. 99). Cylindrulus ergo, quem in rotatione figuræ ANQ circa axem AQ deſcribit parallelogrammulum PM Rp (§.465 *Geom.*) eſt elementum ſolidi per illam rotationem producti: cujus adeo ſumma dat integrum ſolidum, quia ex innumeris cylindrulis eodem modo formatis conſtare concipitur.

Sit jam AP=x, PM=y, erit Pp=dx. Sit porro ratio radii ad peripheriam $= r : p$, erit peripheria circuli radio PM deſcripti $=py:r$, conſequenter area $py^2 : 2r$ (§.429 *Geom.*), quæ ducta in Pp ſive dx dat ſoliditatem cylindruli ſeu elementi ſolidi=$py^2 dx : 2r$ (§.541 *Geom.*).

Quodſi jam ex æquatione ad curvam ſpeciali ſubſtituatur valor ipſius y^2; habebitur, ſi elementum integrari poſſit, ſoliditas ſegmenti, cujus altitudo AP, radius baſis P M, hoc eſt revolutione ipſius AM P circa AP geniti.

PROBLEMA 75.

Tab. II. Fig. 17. 198. *Cubare Conum.*

Conus deſcribitur, ſi triangulum ADC circa axem DC rotatur (§.467. *Geom.*). Sit DC=a, AC=r, PM=y, DP=x; erit (§. 268 *Geom.*)

$$DP : PM = DC : AC$$
$$x : y = a : r$$

Hinc $rx : a = y$
& $r^2x^2 : a^2 = y^2$

$$py^2dx : 2r = pr^2x^2dx : 2a^2r = prx^2dx : 2a^2 \ (\S.\ 189).$$

$$\int py^2dx : 2r = prx^3 : 6a^2.$$

Quodſi pro x ſubſtituatur a; habebitur ſoliditas totius Coni $pra^3 : 6a^2 = \frac{1}{6}apr = \frac{1}{2}pr . \frac{1}{3}a$. Baſis nempe $\frac{1}{2}pr$ ducenda eſt in tertiam altitudinis partem $\frac{1}{3}a$, ut ex elementis Geometriæ conſtat (§. 548. *Geom.*).

PROBLEMA 76.

199. *Cubare ſphæram.*

Sphæra cum deſcribatur per rotationem ſemicirculi circa diametrum ejus (§. 470. *Geom.*); erit, ſi diameter ſit $2r$,

$$yy = 2rx - x^2 \quad (\S.376.\ part.\ 1.)$$

Unde $py^2dx : 2r = pxdx - px^2dx : 2r$

$$\int py^2dx : 2r = \tfrac{1}{2}px^2 - px^3 : 6r$$

Habemus adeo indefinitam cubationem ſegmenti ſphærici, cujus diameter $2r$, altitudo x.

Quod-

Quodſi ergo pro x ſubſtituatur diameter $2r$; prodibit ſoliditas ſphæræ integræ $2pr^2 - 8pr^3 : 6r = 2pr^2 - \frac{4}{3}pr^2 = \frac{2}{3}pr^2 = 2rp.\ \frac{1}{3}r$. Nimirum rectangulum ex diametro $2r$ in peripheriam p multiplicandum eſt per tertiam radii aut ſextam diametri partem $\frac{1}{3}r$. Denique ſi diameter $2r$ ſit 1; erit ſoliditas ſphæræ $\frac{1}{6}p$.

COROLLARIUM 1.

200. Sphæra igitur æquatur pyramidi quadrangulari, cujus baſis eſt rectangulum ex diametro ſphæræ $2r$ in peripheriam eadem deſcriptam, altitudo ſemidiameter ſphæræ (§. 548 *Geom.*).

COROLLARIUM. 2.

201. Cylindri ſphæræ circumſcripti ſoliditas eſt pr^2 (§. 541 *Geom.*). Eſt itaque ad ſphæram ut pr^2 ad $\frac{2}{3}pr^2$, hoc eſt, ut 1 ad $\frac{2}{3}$, ſeu ut 3 ad 2 (§. 124 *part. 1.*).

PROBLEMA 77.

202. *Cubare Conoides parabolicum ex rotatione parabolæ cujuscunque generis cira axem ſuum genitum.*

Sit parameter $=1$, erit æquatio ad infinita parabolarum genera (§. 519.)

$$y^m = x$$

$$y = x^{1:m}$$

$$y^2 = x^{2:m}$$

$$py^2dx : 2r = px^{2:m}dx : 2r$$

$$\int py^2 dx : 2r = mpx^{2+m,\,:m} : (4+2m)r$$
$$= mpy^2x : (4+2m)r$$

Sit altitudo totius Conoidis $=a$, diameter baſeos $2r$; erit a pro x & r pro y ſubſtituto ſoliditas totius Conoidis $mpr^2a : (4+2m)r = \frac{m}{4+2m}apr = \frac{1}{2}pr.\ \frac{m}{2+m}a$.

E. gr. Si parabola genitrix fuerit Apolloniana, erit $m = 2$, adeoque $m : (2+m) = 2 : (2+2) = \frac{1}{2}$. Baſis ergo ducenda eſt in dimidiam altitudinem: conſequenter Conoides cylindri ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis ſubduplum (§. 541 *Geom.*).

PROBLEMA 78.

203. *Cubare ſphæroides ellipticum ex rotatione ellipſis Apollonianæ circa axem genitum.*

Quoniam ad ellipſin Apollonianam (§. 420 *part. 1*)

$$y^2 = bx - bx^2 : a$$

erit $py^2dx : 2r = pbxdx : 2r - pbx^2dx : 2ar$

$$\int py^2dx : 2r = pbx^2 : 4r - pbx^3 : 6ar$$

Quodſi pro abſciſſa x ſubſtituatur axis a, prodibit ſoliditas integri ſphæroidis $pba^2 : 4r - pba^3 : 6ar = pba^2 :$

$4r - pba^2 : 6r = (6pba^2 - 4pba^2) : 24r = pba^2 : 12r$.

COROLLARIUM. 1.

204. Quodſi $2r$ ponatur axi conjugato æqualis; erit $4r^2 = ab$ (§. 432 *part. 1.*) Unde ſoliditas ſphæroidis habetur $4par^2 : 12r = \frac{1}{3}par$, hoc eſt, ſphæroides ellipticum æquatur Cono, cujus altitudo axi majori a, diameter baſeos axi minori ellipſis genetricis quadruplo $4r$ æqualis (§. 548. *Geom.*).

COROLLARIUM 2.

205. Quoniam Cylindri circumſcripti altitudo $= a$, diameter $= 2r$, adeoque ſoliditas $= \frac{1}{2}apr$ (§. 541. *Geom.*); erit ſphæroides ellipticum ad cylindrum circircumſcriptum ut $\frac{1}{3}apr$ ad $\frac{1}{2}apr$, hoc eſt, ut $\frac{1}{3}$ ad $\frac{1}{2}$, ſeu ut 2 ad 3 (§. 124. *part. 1.*).

COROLLARIUM 3.

206. Si diameter ſphæræ $= a$, erit peripheria circuli maximi (poſita ratione radii ad peripheriam $= r : p$) $= ap : 2r$, conſequenter ſphæra $= a^3p : 12r$. Eſt adeo ſphæroides ellipticum ad ſphæram axe majori a deſcriptam ut $\frac{1}{3}apr$ ad $a^3p : 12r$, hoc eſt, (dividendo per $\frac{1}{3}ap$) ut r ad $a^2 : 4r$, ſeu ut $4r^2$ ad a^2, nempe ut quadratum axis minoris ad quadratum majoris.

COROLLARIUM 4.

207. Si diameter ſphæræ $= 2r$, erit ſoliditas $= \frac{2}{3}pr^2$ (§. 199). Eſt itaque ſphæroides ellipticum ad ſphæram axe minori $2r$ deſcriptam ut $\frac{1}{3}par$ ad $\frac{2}{3}pr^2$, hoc eſt, ut a ad $2r$ (§. 124 *part. 1.*), ſeu ut axis major ad minorem.

PROBLEMA 79.

208. *Cubare Conoides hyperbolicum ex rotatione hyperbolæ Apollonianæ circa axem genitum.*

Quoniam ad hyperbolam ſcalenam (§ 459. *part. 1*)

$$y^2 = bx + bx^2 : a$$

erit $\int py^2dx : 2r = pbx^2 : 4r + pbx^3 : 6ar$

Et quia ad hyperbolam æquilateram (§. 507 *part. 1.*)

$$y^2 = ax + x^2$$

erit $py^2dx : 2r = (apxdx + px^2dx) : 2r$

$\int py^2dx : 2r = apx^2 : 4r + px^3 : 6r$

COROLLARIUM.

209. Si altitudo Conoidis fuerit axi tranſverſo æqualis, hoc eſt, ſi $x = a$; erit ſoliditas Conoidis in caſu priore $pba^2 : 4r + pba^2 : 6ar = (6pba^2 + 4pba^2) : 24r = 10pba^2 : 24r = 5pba^2 : 12r$.

PROBLEMA 80.

210. *Cubare ſolidum ex rotatione Ciſſoidis circa axem* AB *genitum.* Tab. II. Fig. 22.

Sit AB=1, AP=x, PM=y; erit (§. 548 *part. 1.*)

$$y^2 = x^3 : (1 - x)$$

$$py^2dx : 2r = px^3dx : 2r(1 - x)$$

hoc

hoc eſt, quia $2r=AB=1$,

$py^2dx:2r=px^3dx:(1-x)$.

Eſt vero $x^3:(1-x)=x^3+x^4+x^5+x^6+x^7+x^8$ &c. in infinitum (§. 45. *part: 1.*). Ergo $py^2dx:2r=px^3dx+px^4dx+px^5dx+px^6dx+px^7dx+px^8dx$ &c. in infinitum.

Et hinc $\int py^2dx:2r=\frac{1}{4}px^4+\frac{1}{5}px^5+\frac{1}{6}px^6+\frac{1}{7}px^7+\frac{1}{8}px^8+\frac{1}{9}px^9$ &c. definit ſolidum portione APM deſcriptum. Quodſi pro x ſubſtituatur $AB=1$; prodit ſolidum integrum $\frac{1}{4}p+\frac{1}{5}p+\frac{1}{6}p+\frac{1}{7}p+\frac{1}{8}p+\frac{1}{9}p$ &c. ſeu $p(\frac{1}{4}+\frac{1}{5}+\frac{1}{6}+\frac{1}{7}+\frac{1}{8}+\frac{1}{9}$ &c. in infinitum.).

PROBLEMA 81.

Tab. I. Fig. 8.

211. *Cubare ſolidum ex rotatione Logiſticæ circa aſymptotum* AH *genitum.*

In Logiſtica, cujus ſubtangens $=a$, eſt (§. 54)

$$ydx=ady$$

$$dx=ady:y$$

$$py^2dx:2r=paydy:2r$$

$$\int py^2dx:2r=pay^2:4r$$

Quodſi pro y ſubſtituatur $AB=r$, erit integrum ſolidum $par^2:4r=\frac{1}{4}apr$.

COROLLARIUM.

212. Cylindrus, cujus altitudo $=a$, radius baſis $=r$, eſt $\frac{1}{2}apr$ (§. 541. *Geom.*), adeoque ad ſolidum logiſticum ut $\frac{1}{2}apr$ ad $\frac{1}{4}apr$, hoc eſt, ut 2 ad 1 (§. 124 *part. 1*).

SCHOLION.

213. *Facile hinc apparet, quod inventis methodo hactenus expoſita expreſſionibus ſolidorum, ea inter ſe facile comparentur unumque in alterum transformetur.*

PROBLEMA 82.

Tab. II. Fig. 25.

214. *Cubare ſolidum ex rotatione parabolæ circa ſemiordinatam* QN *genitum.*

Ex reſolutione problematis 74. (§. 197) manifeſtum eſt, elementum ſolidi eſſe circulum radio MR deſcriptum & in differentiale Rr ipſius RN ductum. Sit itaque ratio radii ad peripheriam $=r:p$, $AQ=r$, $AP=x$, $QN=b$, $PM=y$, erit $Rr=dy$, $MR=PQ=AQ-AP=r-x$, peripheria radio MR deſcripta $=p-\frac{px}{r}$, conſequenter area circuli $\frac{1}{2}pr-px+\frac{px^2}{2r}$ (§. 429 *Geom.*) & hinc elementum ſolidi $\frac{1}{2}prdy-pxdy+px^2dy:2r$.

Si jam parameter parabolæ 1; erit $y^2=x$ (§. 388 *part. 1*) & $y^4=x^2$: quibus valoribus in expreſſione elementi generali ſubſtitutis, erit

 id

id $\frac{1}{2}prdy - py^2dy + py^4dy : 2r$. Hujus integrale $\frac{1}{2}pry - \frac{1}{3}py^3 + py^5 : 10r$ indefinite exprimit ſolidum ex rotatione portionis MNR circa NR genitum.

Quodſi pro y^2 ponatur x; habebimus pro eodem ſolido $\frac{1}{2}pry - \frac{1}{3}pxy + px^2y : 10r = p(\frac{1}{2}ry - \frac{1}{3}xy + x^2y : 10r)$.

Denique ſi pro y ſubſtituatur b, pro x vero r; prodibit ſolidum integrum $p(\frac{1}{2}br - \frac{1}{3}br + \frac{1}{10}br) = (30 - 20 + 6)\,pbr : 60 = \frac{8}{30}pbr = \frac{1}{2}pr \cdot \frac{8}{15}b$, hoc eſt, baſis ſeu circulus radio AQ deſcriptus ducitur in $\frac{8}{15}$ altitudinis QN.

COROLLARIUM.

215. Cylindrus ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis eſt $\frac{1}{2}pbr$ (§. 541. *Geom.*) adeoque ad ſolidum hoc parabolicum ut $\frac{1}{2}pbr$ ad $\frac{1}{2}pbr \cdot \frac{8}{15}$, hoc eſt, ut 1 ad $\frac{8}{15}$, ſeu ut 15 ad 8 (§. 124. *part. 1.*).

PROBLEMA 83.

Tab. II. Fig. 26. 216. *Cubare ſolidum ex rotatione ſpatii interminati hyperbolici juxta aſymptotum* CD *tanquam axem genitum.*

Sit AB$=a$, AC$=b$, CP$=x$, PM$=y$; erit P$p=dx$, & poſita peripheria radio AB deſcripta $=p$, peripheria radio PC deſcripta $px : a$, quæ ducta in PM$=y$ dat ſuperficiem cylindri parallelogrammo CPMR deſcripti $= pxy : a$ (§. 541. *Geom.*). Hæc vero ſi ulterius ducatur in P$p = dx$, prodibit cylindrulus cavus, parallelogrammulo PqQM deſcriptus ſeu elementum ſolidi $= pxydx : a$.

Eſt vero ex natura hyperbolæ intra aſymptotos

$$xy = ab \qquad (\S.\ 502\ part.\ 1)$$

Quare $\quad y = ab : x$

$$pxydx : a = pabxdx : ax = pbdx$$

$$\int pxydx : a = pbx.$$

Quodſi pro x ſubſtituatur a; prodibit ſolidum integrum pba.

COROLLARIUM.

217. Cylindrus ex rotatione parallelogrammi ACSB circa axem CS geniti eſt $\frac{1}{2}pba$ (541 *Geom.*), adeoque ad ſolidum ut $\frac{1}{2}pba$ ad pba, hoc eſt, ut $\frac{1}{2}$ ad 1 hyperbolicum, ſeu ut 1 ad 2 (§. 124 *part. 1*).

SCHOLION.

218. *Poſſunt etiam figuræ planæ rotari circa tangentes, vel alias lineas quascunque: Sed cum nihil in his difficultatis ſit, plura non addimus.*

PROBLEMA 84.

219. *Metiri ſuperficiem corporis rotatione figuræ* ANQ *circa axem* AQ *geniti.* Tab. II. Fig. 19.

RESOLUTIO.

Sit ratio radii ad peripheriam $= r : p$, AP

p, $AP = x$, $PM = y$, erit $Pp = MR = dx$, $mR = dy$; $Mm = \surd(dx^2 + dy^2)$, peripheria radio PM deſcripta $= py : r$, quæ ducta in Mm dat elementum ſuperficiei ſolidi ex rotatione circa axem AQ geniti $py\surd(dx^2 + dy^2) : r$.

Quodſi jam ex natura figuræ ANQ valor ipſius dx^2 ſubſtituatur & elementum integrabile fiat; ſuperficies deſiderata per ſummationem habetur.

PROBLEMA 85.

Tab. II. Fig. 17. 220. *Invenire ſuperficiem Coni.* Cum Conus gignatur ex rotatione trianguli ACD circa axem DC; ex æquatione ad triangulum in expreſſione generali ante (§.198.) inventa ſubſtituendus eſt valor ipſius dx^2. Sit nempe $CD = a$, $AC = r$, $AP = x$, $PM = y$; erit (§. 268 *Geom.*)

$$x : y = a : r$$

$$rx = ay$$

$$rdx = ady$$

$$dx^2 = a^2dy^2 : r^2$$

$$py\surd(dx^2 + dy^2) : r = py\surd(a^2dy^2 + r^2dy^2) : r^2 = pydy\surd(a^2 + r^2) : r^2$$

$$\int py\surd(dx^2 + dy^2) : r = py^2\surd(a^2 + r^2) : 2r^2.$$

Quodſi pro y ponatur r, prodibit ſuperficies coni integri $= \frac{1}{2}p\surd(a^2 + r^2) = \frac{1}{2}p.AD$: eſt nempe æqualis facto ex ſemiperipheria baſis Coni in latus AD, prorſus ut in elementis Geometriæ demonſtratum (§. 548 *Geom.*).

PROBLEMA 86.

221. *Invenire ſuperficiem ſphæræ.* Tab. I. Fig. 3.

Sit diameter circuli genitoris $= 1$, $AP = x$, erit elementum arcus Mm (§. 157) $= dx : 2\surd(x - xx)$, quod ductum in peripheriam radio PM deſcriptam $= 2p\surd(x - x^2)$ producit elementum ſuperficiei ſphæricæ (§. 219) pdx. Hujus integrale px indefinite metitur ſuperficiem ſegmenti ſphærici, cujus altitudo x.

Quodſi pro x ſubſtituatur diameter 1; erit ſuperficies ſphæræ integræ $= p$ ſeu, ſi $1 = a$, ap.

COROLLARIUM.

222. Eſt ergo quodlibet ſegmentum ſuperficiei ſphæricæ ad ſuperficiem ſphæræ integram ut px ad p, ſeu ut x ad 1 (§. 124. *part. 1.*), hoc eſt ut altitudo ſegmenti ad diametrum ſphæræ.

PROBLEMA 87.

223. *Invenire ſuperficiem conoidis parabolici.*

Ad parabolam eſt $adx = 2ydy$ (§. 21).

dx^2

$$dx^2 = 4y^2dy^2 : a^2$$

$$py\sqrt{(dx^2 + dy^2)} : r = py\sqrt{(4y^2dy^2 + a^2dy^2)} : ar = pydy\sqrt{(4y^2 + a^2)} : ar$$

Fiat $\sqrt{(4y^2 + a^2)} = v$

erit $4y^2 + a^2 = v^2$

$$8ydy = 2vdv$$

$$ydy = \tfrac{1}{4}vdv$$

$$pydy\sqrt{(4y^2 + a^2)} : ar = pv^2dv : 4ar$$

$$\int pydy\sqrt{(4y^2 + a^2)} : 4ar = pv^3 : 12ar = (4py^2 + pa^2)\sqrt{(4y^2 + a^2)} : 12ar.$$

Fiat $y = 0$, relinquetur $pa^2\sqrt{a^2} : 12ar = pa^3 : 12r$. Unde ſuperficies ſegmenti conoidis parabolici $= (4py^2 + pa^2)\sqrt{(4y^2 + a^2)} : 12ar - pa^3 : 12r$.

CAPUT V.

DE USU CALCULI INTEGRALIS IN METHODO TANGENTIUM INVERSA.

DEFINITIO 9.

224. Methodus *Tangentium inverſa* eſt, qua ex data tangente aut linea quacunque alia, cujus determinatio a tangente pendet, invenitur æquatio ad curvam aut conſtructio curvæ.

COROLLARIUM.

225. Cum expreſſiones differentiales tangentis, ſubtangentis, ſubnormalis, normalis & arcus, itemque areæ curvæ ſuperius traditæ fuerint (§. 20. 34. 35. 44. 98. 144); ſi valor datus expreſſioni differentiali æquetur & æquatio differentialis vel ſummetur, vel, ſi id fieri nequeat, conſtruatur, curva deſiderata innoteſcit.

PROBLEMA 88.

226. *Invenire lineam curvam, cujus ſubtangens* $= 2yy : a$.

Quoniam ſubtangens lineæ algebraicæ $= ydx : dy$ (§. 20); erit

$$ydx : dy = 2yy : a$$

$$aydx = 2y^2dy$$

$$adx = 2ydy$$

$$ax = y^2$$

Eſt adeo curva quæſita parabola (§. 388. *part. 1.*), cujus conſtructio ex ſuperioribus manifeſta (§. 392. *part. 1*).

PRO-

Digitized by Google

PROBLEMA 89.

227. *Curvam invenire, cujus ſubnormalis eſt conſtans*, e. gr. $=a$.

Quoniam ſubnormalis lineæ algebraicæ (§. 35) $ydy : dx$; erit

$$ydy = adx$$

$$\tfrac{1}{2}y^2 = ax$$

$$y^2 = 2ax.$$

Eſt adeo curva quæſita parabola, cujus parameter $= 2a$.

PROBLEMA 90.

228. *Invenire curvam, cujus ſubnormalis* $= r - x$.

Quoniam $ydy : dx = r - x$ (§. 35); erit

$$ydy = rdx - xdx$$

$$\tfrac{1}{2}y^2 = rx - \tfrac{1}{2}xx$$

$$y^2 = 2rx - xx$$

Eſt adeo curva quæſita circulus, cujus radius r ſeu diameter $2r$ (§. 377. *part. 1.*).

PROBLEMA 91.

229. *Invenire curvam, cujus ſubtangens eſt tertia proportionalis ad* $r - x$ *&* y.

Quoniam (§. 20)

$$r - x : y = y : \frac{ydx}{dy}$$

erit $r - x : y = dy : dx$ (§. 124 *part. 1*)

$$rdx - xdx = ydy$$

$$rx - \tfrac{1}{2}x^2 = \tfrac{1}{2}y^2$$

$$2rx - xx = y^2$$

Eſt adeo curva quæſita denuo circulus.

PROBLEMA 92.

230. *Invenire curvam, cujus ſubtangens eſt tertia proportionalis ad* $r + x$ & y.

Quoniam (§. 20)

$$r + x : y = y : \frac{ydx}{dy}$$

erit $r + x : y = dy : dx$ (§. 124 *part. 1*)

$$rdx + xdx = ydy$$

$$rx + \tfrac{1}{2}x^2 = \tfrac{1}{2}y^2$$

$$2rx + x^2 = y^2$$

Eſt adeo curva quæſita hyperbola æquilatera, cujus axes conjugati & parameter $= 2r$ (507 *part. 1*).

PROBLEMA 93.

231. *Invenire curvam, in qua ſubtangens multiplo abſciſſæ æqualis.*

Quoniam (§. 20)

Digitized by Google

$$mx = ydx : dy$$

erit $mxdy = ydx$

$$mxdx - ydy = 0$$

Ut hæc æquatio integrari poſſit, multiplicetur per $y^{m-1} : x^2$ (§.95).

erit $(my^{m-1}xdy - y^m dx) : x^2 = 0$

$$y^m : x = a^{m-1}$$

$$y^m = a^{m-1}x$$

Satisfaciunt ergo propoſito infinita parabolarum genera.

PROBLEMA 94.

232. *Invenire lineam, in qua ſubtangens ſemiordinatæ æqualis.*

Quoniam (§. 20)

$$ydx : dy = y$$

$$ydx = ydy$$

$$dx = dy$$

$$x = y$$

Patet adeo, lineam quæſitam eſſe rectam ad cathetum trianguli rectanguli æquicruri tanquam axem relatam, ſeu hypothenuſam trianguli rectanguli æquicruri (§. 89 *Geom.*). Quodſi vero x ſumatur pro arcu circuli; erit linea quæſita cylois (§. 572. *part. 1.* & §. 52. *part. 1.*).

PROBLEMA 95.

233. *Invenire curvam, cujus ſubnormalis* $= \sqrt{ax}$.

Quoniam $ydy : dx = \sqrt{ax}$ (§. 34)

erit $ydy = a^{1:2}x^{1:2}dx$

$$\tfrac{1}{2}y^2 = \tfrac{2}{3}a^{1:2}x^{3:2}$$

$$y^2 = \tfrac{4}{3}\sqrt{ax^3} = \tfrac{2}{3}\sqrt{4ax^3}$$

Patet adeo, quadrata ſemiordinatarum huius curvæ exprimere ſpatia parabolæ, cujus parameter $4a$ (§. 103). Sunt igitur ſemiordinatæ ipſæ mediæ proportionales inter abſciſſas & $\tfrac{2}{3}$ ſemiordinatarum parabolæ circa communem axem deſcriptæ (§: *cit.*)

SCHOLION.

234. *Curva hac dici poteſt Quadratrix parabola. Solent enim Geometra* Quadratricem *alicujus curva appellare curvam circa eundem axem deſcriptam, cujus ſemiordinatis datis datur quadratura partium reſpondentium in altera curva. E. gr. ſi fuerit ut in noſtro caſu* APMA = PN², *vel* APMA = AP. PN, *vel* APMA = PN. *a &c. erit* AND quadratrix *ipſius* AMC. Tab. II. Fig. 27.

PROBLEMA 96.

235. *Invenire curvam, cujus normalis conſtans eſt.*

Sit conſtans linea $= a$, abſciſſa $= x$, ſemiordinata $= y$; erit (§. 44)

$y\sqrt{}$

$$y\surd(dy^2+dx^2):dx=a$$
$$y\surd(dy^2+dx^2)=adx$$
$$y^2dy^2+y^2dx^2=a^2dx^2$$
$$y^2dy^2=a^2dx^2-y^2dx^2$$
$$ydy=dx\surd(a^2-y^2)$$
$$\frac{-ydy}{\surd(a^2-y^2)}=-dx$$
$$\surd(a^2-y^2)=a-x \quad (\S. 95)$$

Eſt itaque curxa quæſita circulus.

PROBLEMA 97.

236. *Invenire curvam, cujus area indefinite exprimitur per* $a\surd x$.

Quoniam differentiale areæ $=y\,dx$ (§. 98); erit $\frac{1}{2}ax^{-1:2}dx=ydx$

$$\tfrac{1}{2}ax^{-1:2}=y$$
$$\tfrac{1}{4}a^2x^{-1}=\tfrac{1}{4}a^2:x=y^2$$
$$\tfrac{1}{4}a^2=xy^2$$

Eſt adeo curva hyperbola ſecundi generis intra aſymptotos.

COROLLARIUM.

237. Cum $\surd ax$ ſit ſemiordinata parabolæ, cujus parameter $=a$; evidens eſt parabolam Apollonianam eſſe quadratricem hyperbolæ intra aſymptotos, ad quam $\frac{1}{4}aa=xy^2$

PROBLEMA 98.

238. *Invenire curvam, cujus quadratura indefinita* $=x^3:a$

Quoniam $x^3:a=\int ydx$

erit $3x^2dx:a=ydx$

$$x^2=\tfrac{1}{3}ay$$

Eſt adeo curva quæſita parabola exterior, cujus parameter $\frac{1}{3}a$. Sit enim $AQ=PM=x$, $PQ=AM=y$; erit $\frac{1}{3}ay=x^2$ (§. 288 *part. 1*). Tab. II. Fig. 28.

PROBLEMA 99.

239. *Invenire curvam, cujus area* $=a\surd(aa+xx)$.

Quoniam $axdx:\surd(aa+xx)=ydx$

$$ax:\surd(aa+xx)=y$$
$$a^2x^2:(aa+xx)=y^2$$

hoc eſt, $y^2:x^2=a^2:aa+xx$

Quæ analogia naturam curvæ definit, cujus quadratrix eſt hyperbola æquilatera, axibus conjugatis & parametro exiſtentibus a (§ 507. *part. 1.* & §. 234 *part. 2*).

PROBLEMA 100.

240. *Invenire curvam, cujus area* $=x\surd(aa+xx)$.

 Quo-

Digitized by Google

Quon. $\frac{x^2 dx}{\sqrt{(aa+xx)}} + dx\sqrt{(aa+xx)} = ydx$

erit $\frac{2x^2+aa}{\sqrt{(aa+xx)}} = y$

$(2x^2+aa)^2 = y^2(aa+xx)$

$y^2 : aa+2xx = aa+2xx : aa+xx$

Quæ analogia definit itidem naturam curvæ, cujus quadratrix eſt hyperbola æquilatera.

SCHOLION.

241. *Ex problematibus his apparet, quod data quadratrice ſemper invenìatur quadranda facili negotio. Et hac quidem methodo inveniri poſſunt curvæ innumeræ quadrabiles, conſtruique curvarum quadrabilium, ſeu, quod perinde eſt, formularum ſummabilium canones.*

PROBLEMA 101.

242. *Invenire curvam, cujus ſubtangens eſt linea conſtans a.*

Quoniam $ydx : dy = a$ (10)

erit $dx = ay^{-1}dy$

$\int dx = x = \int ay^{-1}dy$

Quodſi $ay^{-1}dy$ multiplicetur per a; erit $a^2y^{-1}dy$ elementum hyperbolæ intra aſymptotos (§. 118) & quidem æquilateræ, in qua aſymptoti junguntur ad angulos rectos (§. 510. *part. 1*). Quodſi ergo y ſumatur pro abſciſſa, erit reſpondens ſemiordinata $x = a\int y^{-1}dy$ æqualis ſpatio hyperbolico aſymptotico per conſtantem a, quæ latus potentiæ in hyperbola æquilatera (§. 477 *part. 1*), diviſo. Unde conſtructio curvæ quæſitæ a Quadratura hyperbolæ pendet.

COROLLARIUM 1.

243. Quoniam linea, ad quam $x = \int ay^{-1}dy$, eſt logarithmica ad aſymptotum relata (§. 54) atque x in aſymptoto ſumta logarithmus ſemiordinatæ ipſi reſpondentis (§. 555. *part. 1*); erit quoque $\int ay^{-1}dy$ logarithmus ejusdem ſemiordinatæ y, conſequenter $\int ay^{-1}dy = a\int dy : y = ly$: ly denotat logarithmum ipſius y in logiſtica ſumtum, cujus ſubtangens $= a$. Unde liquet, quomodo differentiale logarithmi aut quantitatis, quam logarithmus ingreditur, ſit inveniendum. Quoniam enim $ady : y = dly$ erit etiam $dly^n = nly^{n-1}ady : y$ ubi a notat ſubtangentem logiſticæ.

COROLLARIUM. 2.

244. Et quia $\frac{a\int dy}{y}$ eſt ſpatium hyperbolicum per latus potentiæ hyperbolæ diviſum; ſpatia hyperbolica per idem latus diviſa exprimunt logarithmos, quorum numeri ſunt ut ſemiordinatæ ad aſymptotum relatæ.

PROBLEMA 102.

245. *Invenire curvam, in qua eſt ut*

Digitized by Google

ut a *ad* y *ita* $\sqrt{}(aa-yy)$ *ad ſubtangentem.*

Quoniam *per hypoth. &* §. 20

$$a:y=\sqrt{}(aa-yy):\frac{ydx}{dy}$$

hoc eſt, $a:1=dy\sqrt{}(aa-yy):dx$

erit $dy\sqrt{}(aa-yy):a=dx$

$$\int dy\sqrt{}(aa-yy):a=x$$

Tab. I. Fig. 3. Quoniam $\int dy\sqrt{}(aa-yy)$ eſt portio circuli CDPM, cujus radius AC $=a$, abſciſſa PC$=$y (§. 124): conſtructio curvæ a quadratura circuli pendet, hoc eſt, circulus eſt quadratrix curvæ quæſitæ (§. 234). Retentis nempe abſciſſis PC, ſemiordinatæ x erunt æquales ſpatio PMDC per conſtantem a diviſo.

PROBLEMA 103.

246. *Invenire curvam, in qua eſt ut* a *ad* y *ita* $\sqrt{}(aa+yy)$ *ad ſubtangentem.*

Quoniam *per hypoth. &* §. 20

$$a:y=\sqrt{}(aa+yy):\frac{ydx}{dy}$$

hoc eſt, $a:1=dy\sqrt{}(aa+yy):dx$

erit $dy\sqrt{}(aa+yy):a=dx$

$$\int dy\sqrt{}(aa+yy):a=x$$

Tab. II. Fig. 19. Quoniam $\int dy\sqrt{}(aa+yy):a$ eſt arcus parabolæ AM, cujus parameter $2a$ (§. 146.); ſi ſemiordinata parabolæ PM ſumatur pro abſciſſa curvæ quæſitæ, erit ſemiordinata ejusdem arcui parabolico AM æqualis.

SCHOLION.

247. *Apparet adeo, interdum conſtructionem pendere a rectificatione curvarum. Præſtat autem eam ad curvarum potius rectificationem, quam quadraturam reducere, quia in priori caſu praxis eſt facilior, ubi arcum filo metiri datur. In poſteriori autem ſpatiorum quadratura ope ſerierum infinitarum definienda eſt in numeris prope veris & inde ſimiliter in iſtiusmodi numeris ſemiordinata curvarum quæſitarum ſunt computanda.*

PROBLEMA 104.

248. *Invenire curvam, in qua eſt ſubtangens ad* y *ut quantitas conſtans* r *ad* $\sqrt{}(r^2-y^2)$.

Quoniam *per hypoth. &* §. 20

$$\frac{ydx}{dy}:y=r:\sqrt{}r^2-y^2)$$

hoc eſt, $dx:dy=r:\sqrt{}(r^2-y^2)$

erit $dx=rdy:\sqrt{}(r^2-y^2)$

$$x=\int rdy:\sqrt{}(r^2-y^2)$$

Quia $\int rdy:\sqrt{}(r^2-y^2)$ eſt arcus circuli AM, cujus radius AC$=r$, PM$=$y (§. 153); conſtructio curvæ pendet a rectificatione peripheriæ circuli. Nempe ſi ſemiordinatæ in cir- Tab. I. Fig. 3.

Digitized by Google

circulo PM ſumantur pro abſciſſis curvæ quæſitæ; erunt ejusdem ſemiordinatæ acubus AM æquales.

PROBLEMA 105.

249. *Invenire curvam, in qua ſubtangens eſt ad* y *ut* r^2 *ad* r^2+y^2.

Quoniam *per hypoth.* & §. 20

$$\frac{ydx}{dy}:y=r^2:r^2+y^2$$

Tab. II. Fig. 20. hoc eſt, $dx:dy=r^2:r^2+y^2$

erit $dx=r^2dy:(r^2+y^2)$

Quoniam $\int r^2dy:(r^2+y^2)$ aut, ſi $r=1$, $\int dy:(1+y^2)$ eſt elementum arcus BM, cujus tangens $BK=y$ (§. 158); evidens eſt, conſtructionem curvæ quæſitæ denuo pendere a rectificatione arcuum circuli indefinita. Sumtis nempe tangentibus arcuum BK pro abſciſſis curvæ quæſitæ; ſemiordinatæ ejusdem erunt arcubus BM æquales, radio circuli exiſtente *r*.

PROBLEMA 106.

250. *Invenire curvam, in qua tangens eſt conſtans.*

Sit conſtans illa $=a$, abſciſſa $=x$, ſemiordinata y; erit (§. 34)

$$y\surd(dx^2+dy^2):dy=a$$

$$\surd(dx^2+dy^2)=\frac{ady}{y}$$

$$dx^2+dy^2=\frac{a^2dy^2}{y^2}$$

$$dx^2=\frac{a^2dy^2-y^2dy^2}{y^2}$$

$$x=\int\frac{dy\surd(a^2-y^2)}{y}$$

Curva, in qua tangens conſtans eſt, deſcribitur puncto M, ſi alterum extremum rectæ TM in recta AR incedit, diciturque *Tractoria*. Ad ejus adeo deſcriptionem non opus eſt, niſi bacillo, incujus utroque extremo cuſpis infixa, ita ut cuſpis in M prematur in planum e latere, vel pondere. Eſt itaque æquatio inventa ad Tractoriam. Tab. V. Fig. 54.

Eadem æquatio ſic eruitur. Quoniam $TM=a$, $PM=y$; erit $PT=\surd(a^2-y^2)$. Sed $PT=ydx:dy$ (§. 20). Ergo $ydx:dy=\surd(a^2-y^2)$, conſequenter $dx=dy\surd(a^2-y^2):y$, aut, quia ſemiordinatæ continuo decreſcentis differentiale negativum, $dx=-dy\surd(a^2-y^2):y$.

COROLLARIUM. 1.

251. Si fuerit $x=0$, erit etiam $dx=0$, adeoque

$$-dy\surd(a^2-y^2):y=0$$

$$\surd(a^2-y^2)=0$$

$$a^2-y^2=0$$

$$a=y$$

Eſt

Eſt igitur in A, ubi origo indeterminatæ x, $AB = a$: id quod etiam ex deſcriptione liquet.

COROLLARIUM 2.

252. Quoniam $dx = dy\sqrt{(a^2-y^2)}:y$ erit $ydx = dy\sqrt{(a^2-y^2)}$ adeoque ſpatium interminatum $RPMO = \int dy\sqrt{(a^2-y^2)}$. Quadratura igitur tractoriæ pendet a Quadratura circuli (§. 124), cujus radius eſt a, abſciſſæ a centro computatæ ſunt y.

COROLLARIUM 3.

253. Similiter quia $dx^2 = \frac{a^2dy^2 - y^2dy^2}{y^2}$ erit

$$dx^2 + dy^2 = \frac{a^2dy^2 - y^2dy^2}{y^2} + dy^2$$
$$= a^2dy^2 : y^2$$

$$\sqrt{(dx^2+dy^2)} = \frac{ady}{y}$$

$$\int\sqrt{(dx^2+dy^2)} = \int\frac{ady}{y}$$

Quare cum $\int\frac{ady}{y}$ ſit logarithmus ipſius y; arcus tractoriæ ſunt ut logarithmi, ſemiordinatæ ut numeri.

Et quia $\int ady : y$ eſt abſciſſa Logarithmicæ, cujus ſubtangens $= a$; arcus tractoriæ rectificantur per abſciſſas Logarithmicæ.

COROLLARIUM 4.

254. Si $QM = v$, erit $PM = a - v$, adeoque $a - v = y$ & $-dv = dy$, conſequenter $dx = -dy\sqrt{(a^2-y^2)}:y = dv\sqrt{(2av - v^2)}:(a-v)$. Habemus adeo æquationem, quæ Tractoriam definit reſpectu axis BT.

CAPUT VI.

DE USU CALCULI INTEGRALIS IN LOGARITHMORUM DOCTRINA.

PROBLEMA 107.

255. *Dato numero, invenire logarithmum.*

Tab. III. Fig 30. Sit Logarithmicæ ordinata $AB = 1$, eademque ſubtangenti, quæ conſtans eſt (§. 54.) æqualis, erit PM numerus unitate major, QN numerus unitate minor, AP logarithmus numeri unitate majoris, QN logarithmus numeri unitate minoris.

Quodſi jam differentia inter AB & PM ſit y; erit $PM = 1 + y$, conſequenter AP ſeu logarithmus unitate majoris numeri $\int dy:(1+y)$ (§. 243). Eſt vero $1:(1+y) = 1 - y + y^2 - y^3 + y^4$ &c. in infinitum (§. 45. *part. 1*). Ergo $dy:(1+y) = dy - ydy + y^2dy - y^3dy + y^4dy$ &c. in infinitum,

tum, conſequenter $\int dy:(1+y)$, ſeu logarithmus numeri $1+y$ unitate majoris, $=y-\frac{1}{2}y^2+\frac{1}{3}y^3-\frac{1}{4}y^4+\frac{1}{5}y^5$ &c. in infinitum.

Quodſi differentia inter AB & QN ſit y, erit $QN=1-y$, conſequenter AQ ſeu logarithmus numeri unitate minoris $=\int -dy:(1-y)$. Eſt vero $-1:(1-y)=-1-y-y^2-y^3-y^4-$ &c. in infinitum (§. 45 *part. 1*). Ergo $-dy:(1-y)=-dy-ydy-y^2dy-y^3dy-y^4dy$ &c. in infinitum, conſequenter $\int -dy:(1-y)$, ſeu logarithmus numeri unitate minoris, $=-y-\frac{1}{2}y^2-\frac{1}{3}y^3-\frac{1}{4}y^4-\frac{1}{5}y^5$ &c. in infinitum.

COROLLARIUM 1.

Tab. II. Fig. 25.

256. Si latus potentiæ hyperbolæ AB vel BC fuerit 1, $BP=y$; erit $AP=1+y$ & ſpatium hyperbolicum aſymptoticum $=y-\frac{1}{2}y^2+\frac{1}{3}y^3-\frac{1}{4}y^4+\frac{1}{5}y^5$ &c. in infinitum (§. 120). Et ubi $BQ=y$, erit $AQ=1-y$, adeoque (ſi $QN=v$) ob $1=v-vy$ (§. 490 *part. 1*), elementum ſpatii hyperbolici aſymptotici $-1ydy:(1-y)$, conſequenter ſpatium $=-y-\frac{1}{2}y^2-\frac{1}{3}y^3-\frac{1}{4}y^4-\frac{1}{5}y^5$ &c. in infinitum (§. 120). Poſſunt ergo etiam logarithmi per hyperbolam exhiberi: nimirum ſi latus potentiæ $AB=1$, abſciſſa AP eſt numerus unitate major, ſpatium aſymptoticum BCMP logarithmus numeri unitate majoris; ſimiliter abſciſſa AQ eſt numerus unitate minor & ſpatium hyperbolicum aſymptoticum QNCB logarithmus numeri unitate minoris.

COROLLARIUM 2.

257. Quodſi $y=1$, erit $1+y=2$; adeoque logarithmus hyperbolicus binarii $=\frac{1}{1}-\frac{1}{2}+\frac{1}{3}-\frac{1}{4}+\frac{1}{5}$ &c. in infinitum.

COROLLARIUM 3.

258. Quoniam logarithmus ipſius $1:(1+x)$ & numeri integri $1+x$ idem eſt (§. 351. *Arithm.*), fractio vero $1:(1+x)$ numerus unitate minor; ſi pro $1-y$ ponatur $1:(1+x)$, formula poſterior inveniendis logarithmis tam numerorum unitate majorum, quam minorum ſatisfacit. Nempe cum ſit ex hypotheſi

$$1-y=1:(1+x)$$

erit $1-1:(1+x)=y$

hoc eſt, $\frac{1+x-1}{1+x}=\frac{x}{1+x}=y$

adeoque in formula $y+\frac{1}{2}y^2+\frac{1}{3}y^3+\frac{1}{4}y^4+\frac{1}{5}y^5$ &c. pro y ſubſtitui debet $x:(1+x)$ ſi numeri unitate majoris logarithmus deſideretur.

SCHOLION.

259. *Formula poſterior ſi in caſu quoque priore, ubi numerus, cujus logarithmus quæritur, unitate major, adhibetur, inventio logarithmi faciliori opera abſolvitur, quia ſeries citius convergit, quam ſi priori formula utamur. Enimvero probe notandum, logarithmos hyperbolicos coincidere cum Neperianis adeoque diverſos eſſe a Briggianis, quibus communiter utimur. Cum autem hyperbolici ſint ad Briggianos ut logarithmus denarii hyperbolicus ad logarithmum denarii Briggianum, ſitque logarithmus binarii hyperbolicus* 2.302585092994 &c.

Brig-

Digitized by Google

Briggianus 1.000 000 000 000; *hyperbolici ad Briggianos, quibus vulgo utimur, facile reducuntur.*

PROBLEMA 108.

260. *Dato logarithmo invenire numerum.*

Sit logarithmus l, numerus $1+y$ erit $l=y-\frac{1}{2}y^2+\frac{1}{3}y^3-\frac{1}{4}y^4+\frac{1}{5}y^5$ &c. Quare cum $y=l+bl^2+(2b^2-c)l^3+(5bc-5b^3+d)l^4+(14b^4+6bd-21b^2c+3c^2-e)l^5$ &c. ob $a=1$, & $b=-\frac{1}{2}$, $c=+\frac{1}{3}$, $d=-\frac{1}{4}$, $e=+\frac{1}{5}$ &c. (§. 366 *part. 1*); erit

$$2b^2-c=\frac{2}{4}-\frac{1}{3}=\frac{1}{2}-\frac{1}{3}=\frac{3-2}{6}=\frac{1}{6}$$

$$5bc-5b^3-d=-\frac{5}{6}+\frac{5}{8}+\frac{1}{4}=\frac{-40+30+12}{48}=\frac{2}{48}=+\frac{1}{24}$$

$$14b^4+6bd-21b^2c+3c^2-e=\frac{14}{16}+\frac{6}{8}-\frac{21}{12}+\frac{3}{9}-\frac{1}{5}=\frac{7}{8}+\frac{6}{8}-1\frac{3}{4}+\frac{1}{3}-\frac{1}{5}=-\frac{1}{8}+\frac{1}{3}-\frac{1}{5}=\frac{40-15-24}{120}=+\frac{1}{120}$$

adeoque

$$y=l+\frac{1}{2}l^2+\frac{1}{6}l^3+\frac{1}{24}l^4+\frac{1}{120}l^5 \text{ \&c. in infinit.} =\frac{l}{1}+\frac{l^2}{1.2}+\frac{l^3}{1.2.3}+\frac{l^4}{1.2.3.4}+\frac{l^5}{1.2.3.4.5} \text{ \&c. in infinit.}$$

Quodſi terminus primus dicatur A, ſecundus B, tertius C, quartus D &c. erit $y=l+\frac{1}{2}Al+\frac{1}{3}Bl+\frac{1}{4}Cl+\frac{1}{5}Dl$ &c. in infinitum.

Quoniam vero l eſt logarithmus numeri $1+y$; erit numerus $1+y=1+l+\frac{1}{2}Al+\frac{1}{3}Bl+\frac{1}{4}Cl+\frac{1}{5}Dl$ &c. in infinitum.

Si l fuerit logarithmus numeri unitate minoris $1-y$; erit $l=y+\frac{1}{2}y^2+\frac{1}{3}y^3+\frac{1}{4}y^4+\frac{1}{5}y^5$ &c. & eodem ut ante modo reperietur $y=l-\frac{1}{1.2}l^2+\frac{1}{1.2.3}l^3-\frac{1}{1.2.3.4}l^4+\frac{1}{1.2.3.4.5}l^5$ &c. in infinitum, conſequenter $1-y=1-\frac{l}{1}+\frac{1}{1.2}l^2-\frac{1}{1.2.3}l^3+\frac{1}{1.2.3.4}l^4-\frac{1}{1.2.3.4.5}l^5$ &c. in infinitum.

Quodſi terminus primus dicatur A, ſecundus B, tertius C &c. erit $y=l-\frac{1}{2}Al+\frac{1}{3}Bl-\frac{1}{4}Cl+\frac{1}{5}Dl$ &c. in infinitum, conſequenter $1-y=1-l+\frac{1}{2}Al-\frac{1}{3}Bl+\frac{1}{4}Cl-\frac{1}{5}Dl$ &c. in infinitum.

PROBLEMA 109.

261. *Dato ſinu, invenire logarithmum.*

Sit radius $=1$, coſinus $=x$, erit ſinus $=\sqrt{(1-xx)}$ (§. 377 *part. 1*) $=\sqrt{[(1+x)(1-x)]}$. Sed $l(1+x)=x-\frac{1}{2}x^2+$

$\frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{3}x^3 - \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{5}x^5 - \frac{1}{6}x^6$ & $l(1-x) = -x - \frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{3}x^3 - \frac{1}{4}x^4 - \frac{1}{5}x^5 - \frac{1}{6}x^6$. Ergo $l(1-xx) = -\frac{2}{2}x^2 - \frac{2}{4}x^4 - \frac{2}{6}x^6$ (§. 337 *Arithm.*) & $l\sqrt{(1-xx)} = -\frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{4}x^4 - \frac{1}{6}x^6$ &c. (§. 338 *Arithm.*).

PROBLEMA 110.

262. *Data tangente, invenire logarithmum.*

Sit radius, ſeu ſinus totus, hoc eſt, tangens 45° (§. 32 *Trigon.*) $=1$ tangens arcus 45° majoris $=1+x$; tangens arcus 45° minoris $=1-x$: erit logarithmus tangentis in caſu priore $x - \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{3}x^3 - \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{5}x^5$ &c. in infinitum; in caſu poſteriore $-x - \frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{3}x^3 - \frac{1}{4}x^4 - \frac{1}{5}x^5$ &c. in infinitum (§. 255).

SECTIO III. DE CALCULO EXPONENTIALI.

CAPUT I. DE NATURA CALCULI EXPONENTIALIS.

DEFINITIO 16.

263. Calculus exponentialis eſt methodus differentiandi quantitates exponentiales & differentialia exponentialium ſummandi.

DEFINITIO 17.

264. *Quantitas exponentialis* eſt dignitas, cujus exponens variabilis, e. gr. x^x, a^x.

PROBLEMA 111.

265. *Quantitatem exponentialem differentiare.*

RESOLUTIO.

Non alia re opus eſt, quam ut quantitates exponentiales ad logarithmicas revocentur: quo facto, differentiatio ſuccedit per §. 244.

E. gr. Quæritur differentiale quantitatis exponentialis x^y. Fiat

$$x^y = z$$

erit $y\,lx = lz$ (§. 139 *Arithm.*)

$$lx\,dy + y\,dx : x = dz : z \quad (\text{§. } 243)$$

$$z\,lx\,dy + zy\,dx : x = dz$$

hoc eſt, $x^y\,lx\,dy + yx^{y-1}\,dx = dz$

Sit

Sit quantitas exponentialis differentianda ſecundi gradus v^{x^y}. Fiat, ut ante,

$$v^{x^y} = z$$

erit $x^y lv = lz$ (§. 339 *Arithm.*)

$$(x^y lx dy + y x^{y-1} dx) lv + x^y dv : v = dz : z \text{ (§. 243)}$$

$$z(x^y lx dy + y x^{y-1} dx) lv + z x^y dv : v = dz)$$

hoc eſt,

$$v^{x^y} (x^y lx dy + y x^{y-1} dx) lv + v^{x^y} v^{-1} x^y dv = dz)$$

ſeu

$$v^{x^y} x^y lx lv dy + v^{x^y} y x^{y-1} v dv + v^{x^y} v^{-1} x^y dv = dz.$$

Eadem ratione inveniri poteſt differentiale quantitatis exponentialis cujuscunque alterius.

PROBLEMA 112.

266. *Differentiale logarithmicum integrare.*

Sit differentiale integrandum $xlxdx$. Fiat

$$x = 1 + y$$

erit $lx = l(1+y)$
& $dx = dy$

$$xlxdx = l(1+y)(1+y)dy.$$

Eſt vero $l(1+y) = y - \frac{1}{2}y^2 + \frac{1}{3}y^3 - \frac{1}{4}y^4 + \frac{1}{5}y^5$ &c. in infinitum (§. 255). Ergo $l(1+y)(1-y)dy = (1+y)dy(y - \frac{1}{2}y^2 + \frac{1}{3}y^3 - \frac{1}{4}y^4 + \frac{1}{5}y^5$ &c. in infinitum $=$ (multiplicatione actu facta)

$$ydy - \tfrac{1}{2}y^2dy + \tfrac{1}{3}y^3dy - \tfrac{1}{4}y^4dy + \tfrac{1}{5}y^5dy \text{ \&c.}$$

$$+ y^2dy - \tfrac{1}{2}y^3dy + \tfrac{1}{3}y^4dy - \tfrac{1}{4}y^5dy \text{ \&c.}$$

h. e. $ydy + \frac{1}{2}y^2dy - \frac{1}{6}y^3dy + \frac{1}{12}y^4dy - \frac{1}{20}y^5dy$ &c.

Unde tandem habetur $\int xlxdx = \frac{1}{2}y^2 + \frac{1}{6}y^3 - \frac{1}{24}y^4 + \frac{1}{60}y^5 - \frac{1}{120}y^6$ &c. $= \frac{1}{1.2}y^2 + \frac{1}{1.2.3}y^3 - \frac{1}{1.2.3.4}y^4 + \frac{1}{1.3.4.5}y^5 - \frac{1}{1.4.5.6}y^6$ &c. in infinitum: in qua ſerie $y = x - 1$.

PROBLEMA 113.

267. *Differentiale exponentialem quantitatem involvens integrare.*

Sit differentiale integrandum $x^x dx$. Fiat $x = 1 + y$, erit $x^x = (1+y)^{1+y}$, adeoque $x^x dx = (1+y)^{1+y} dy$. Fiat

$$(1+y)^{1+y} = 1 + v$$

erit $(1+y)l(1+y) = l(1+v)$
hoc eſt, $(1+y)(y - \frac{1}{2}y^2 + \frac{1}{3}y^3 - \frac{1}{4}y^4 + \frac{1}{5}y^5$ &c. in infinitum$) = v - \frac{1}{2}v^2 + \frac{1}{3}v^3 - \frac{1}{4}v^4 + \frac{1}{5}v^5$ &c. in infinitum (§. 255).

ſeu per calculum præcedentem

 $y+$

$y+\frac{1}{2}y^2-\frac{1}{6}y^3+\frac{1}{12}y^4-\frac{1}{20}y^5$ &c. in infinitum $=v-\frac{1}{2}v^2+\frac{1}{3}v^3-\frac{1}{4}v^4+\frac{1}{5}v^5$ &c. in infinitum (§.266.).

Fiat porro

$$v=y+ky^2+my^3+ny^4+py^5 \text{ \&c.}$$

erit

$$\begin{aligned}
v^2 &= +y^2+2ky^3+k^2y^4+2kmy^5\\
&\qquad\qquad\quad +2my^4+2ny^5\\
v^3 &= \qquad\; +y^3+3ky^4+3k^2y^5\\
&\qquad\qquad\qquad\qquad +3my^5\\
v^4 &= \qquad\qquad\quad +y^4+4ky^5\\
v^5 &= \qquad\qquad\qquad\qquad +y^5
\end{aligned}$$

(§.95 *part. 1*). Unde

$$\begin{aligned}
v &= y+ky^2+my^3+ny^4+py^5 \text{ \&c.}\\
-\tfrac{1}{2}v^2 &= -\tfrac{1}{2}y^2-ky^3-\tfrac{1}{2}k^2y^4-kmy^5\\
&\qquad\qquad\quad -my^4-ny^5\\
+\tfrac{1}{3}v^3 &= \qquad +\tfrac{1}{3}y^3+ky^4+k^2y^5\\
&\qquad\qquad\qquad\qquad +my^5\\
-\tfrac{1}{4}v^4 &= \qquad\qquad -\tfrac{1}{4}y^4-ky^5\\
+\tfrac{1}{5}v^5 &= \qquad\qquad\qquad\quad +\tfrac{1}{5}y^5\\
&-y-\tfrac{1}{2}y^2+\tfrac{1}{6}y^3-\tfrac{1}{12}y^4+\tfrac{1}{20}y^5=0
\end{aligned}$$

Habemus ergo

$$1-1=0 \qquad k-\tfrac{1}{2}=0 \qquad m-k+\tfrac{1}{3}+\tfrac{1}{6}=0$$

$$1=1 \qquad k=1 \qquad m=1-\tfrac{3}{6}=\tfrac{1}{2}$$

$$n-\tfrac{1}{2}k^2-m+k-\tfrac{1}{4}-\tfrac{1}{12}=0$$

$$n=\tfrac{1}{2}+\tfrac{1}{2}-1+\tfrac{4}{12}=\tfrac{1}{3}$$

$$p-km-n+k^2+m-k+\tfrac{1}{5}+\tfrac{1}{20}=0$$

$$p=\tfrac{1}{2}+\tfrac{1}{3}-1-\tfrac{1}{2}+1-\tfrac{5}{20}=\tfrac{1}{3}-\tfrac{1}{4}=\tfrac{4}{12}-\tfrac{3}{12}=\tfrac{1}{12}$$

Conſequenter

$(1+y)^{1+y}=1+v=1+y+y^2+\frac{1}{2}y^3+\frac{1}{3}y^4+\frac{1}{12}y^5$ &c: in infinitum.

Quare differentiale ad integrandum propoſitum $(1+y)^{1+y}dy=dy+ydy+y^2dy+\frac{1}{2}y^3dy+\frac{1}{3}y^4dy+\frac{1}{12}y^5dy$ &c. in infinitum, adeoque $\int(1+y)^{1+y}dy=y+\frac{1}{2}y^2+\frac{1}{3}y^3+\frac{1}{8}y^4+\frac{1}{15}y^5+\frac{1}{60}y^6$ &c.

PROBLEMA 114.

268. *Quantitatem exponentialem, conſequenter curvam exponentialem, cujus æquatio datur, conſtruere.*

RESOLUTIO.

Quantitates exponentiales reducendæ ſunt ad logarithmicas, quæ per abſciſſas Logarithmicæ exhiberi poſſunt. Tab. III. Fig. 30.

E. gr. Sit conſtruenda curva exponentialis, ad quam $x^x=y$; erit (§. 339 *Arithm.*) $xlx=ly$. Supponamus Logarithmicam MBN deſcriptam & in ea ſemiordinatam AB=1. Sit PM=x; erit AP $=lx$. Eſt vero $1:lx=x:ly$ (§.299 *Arithm.*). Ergo ly reperiri poteſt (§. 271 *Geom*): cui ſi æqualis in axe Logiſticæ ſumatur AH, erit HI=y (§. 506. *part. 1*). Quodlibet adeo curvæ exponentialis punctum G reperitur ſequentem in modum:

Fiat AC=x & ducatur MC ipſi AP parallela, quæ Logiſticam in M ſecabit; erit MC=AP=lx. Fiat CD=AB=1 & DE=AC, ducaturque LE ipſi MC parallela; erit LE=ly. Ducatur LH ipſi EA parallela; erit HI=y. Quodſi ergo AC ſumatur pro axe curvæ exponentialis fiatque

que CG=HI; erit G punctum in curva quæſita.

Porro cum $x=0$, erit $ly=0$. Sed 0 eſt logarithmus unitatis. Ergo y eſt unitas, conſequenter = AB. Quare ſi fiat AF=AB; erit F punctum curvæ exponentialis.

Similiter quando AB=1=x; erit $lx=0$, adeoque ad AB applicata y eſt 1 ſeu ipſi AB æqualis. Quamobrem ſi fiat BK=BA; erit K punctum curvæ exponentialis.

CAPUT II.

DE USU CALCULI EXPONENTIALIS IN CURVARUM EXPONENTIALIUM SYMPTOMATIS INVESTIGANDIS.

DEFINITIO 12.

269. *Curva exponentialis* eſt, quæ definitur per æquationem exponentialem.

DEFINITIO 13.

270. *Æquatio exponentialis* eſt, quam ingreditur quantitas exponentialis.

PROBLEMA 115.

271. *Invenire ſubtangentem curvæ, in qua $a^x=y$.*

Quoniam $a^x=y$

erit $xla=ly$

$ladx=dy:y$ (§.243)

$dx=dy:yla$

Ergo ſubtangens $ydx:dy$ (§.220) $=ydy:yladу=1:la$.

Conſtructio. Sit deſcripta Logiſtica quæcunque MBN & in ea AB=1. Fiat AC=a ducaturque CM ipſi AP & MP ipſi AC parallela: erit PM=AC=a & AP=la (§.554. *part.* 1). Fiat porro PQ=AB=1, itemque QT ipſi AB parallela; erit TQ=1: la (§. 302. *Arithm.* & §.268. *Geom.*). Tab. III. Fig. 31.

COROLLARIUM.

272 Quoniam curvæ ſubtangens 1: la conſtans; æquatio propoſita ad Logarithmicam eſt.

SCHOLION.

273. *Nempe ſi ſubtangens Logiſtica fuerit* 1 : la; *ea definitur per* $a^x=y$

PROBLEMA 116.

274. *Quadrare ſpatium Logiſticum interminatum* HPMI. Tab. I.

Sit Logiſticæ ſubtangens PT=1: la; PM=y, Pp=dx; erit Fig. 8.

 $a^x=$

$$a^x = y \quad (\S.\ 271).$$

$$xla = ly$$

$$ladx = ay : y \quad (\S.\ 243)$$

$$dx = dy : yla$$

$$ydx = ydy : yla = dy : la$$

$$\int ydx = y : la = y\,(1 : la) = PM.\ PT$$

COROLLARIUM 1.

275. Spatium Logiſticum interminatum HPMI eſt trianguli ſubtangente PT, tangente TM & ſemiordinata PM contenti duplum (§. 385 *Geom.*).

COROLLARIUM 2.

276. Quoniam Spatium HPMI=PM. PT & ISQH = SQ. PT (§ 274); erit QPMS=(PM—SQ) PT, hoc eſt, ſpatium inter duas ſemiordinatas interceptum æquale rectangulo ex ſubtangente in differentiam ſemiordinatarum.

PROBLEMA 117.

277. *Cubare ſolidum Logiſticum ex rotatione ſpatii interminati* HP MI *circa aſymptotum* PH *geniti.*

Quoniam (§. 274)
$dx = dy : yla$ erit (§. 197)

$$py^2 dx : 2r = py^2 dy : 2ryla = pydy : 2rla$$

$$\int py^2 dx : 2r = py^2 : 4rla.$$

COROLLARIUM 1.

278. Quoniam $py^2 : 2r$ eſt circulus radio PM = y deſcriptus (§. 197), $py^2 : 4rla$ eſt cylindrus, cujus baſis eadem eſt cum baſi ſolidi logiſtici, altitudo vero $1 : 2la$ ſeu $\frac{1}{2}$ PT (§. 441 *Geom.*).

COROLLARIUM 2.

279. Eſt ergo ſolidum iſtud logiſticum ad conum, cujus altitudo ſubtangens PT = $1 : la$, ſemidiameter baſis PM = y, ut $py^2 : 4rla$ ad $py^2 : 6rla$, hoc eſt, ut $\frac{1}{4}$ ad $\frac{1}{6}$ ſeu ut 6 ad 4, aut ut 3 ad 2 (§. 124 *part. 1*).

PROBLEMA 118.

280. *Determinare ſubnormalem Logiſticæ.*

Quoniam $ladx = dy : y$ (§. 274)

erit $dy = yladx$

$$ydy : dx = y^2 ladx : dx \quad (\S.\ 35)$$
$$= y^2 la = y^2 : \frac{1}{la}$$

Eſt adeo ſubnormalis tertia proportionalis ad ſubtangentem PT = $1 : la$ & ſemiordinatam PM = y.

COROLLARIUM.

281. Quodſi ergo parabola deſcribatur, cujus parameter ſubtangenti logiſticæ æqualis; ſemiordinatæ parabolæ eædem ſunt cum ſemiordinatis logiſticæ, illius autem abſciſſis hujus ſubnormales æquantur.

PROBLEMA 119.

282. *Determinare ſubtangentem curvæ exponentialis, ad quam* $x^x = y$.

Quo-

Digitized by Google

Quoniam $xlx = ly$

erit $lxdx + xdx : x = dy : y$

$ylxdx + ydx = dy$

Ergo ſubtangens $ydx : dy = ydx : (ylxdx + ydx) = 1 : (lx + 1)$.

Tab. III. Fig. 30. Eſt itaque PT tertia proportionalis ad $AB + AP = 1 + lx$ & $AB = 1$ (§. 208).

PROBLEMA 120.

283. *Determinare ſubnormalem curvæ, ad quam $x^x = y$.*

Quia $ylxdx + ydx = dy$ (§. 221); erit ſubnormalis $ydy : dx = (y^2 lxdx + y^2 dx) : dx$ (§. 34) $= y^2 lx + y^2 = y^2 (lx + 1)$

Quærenda igitur eſt ad $AB = 1$ & $PM = y$ tertia proportionalis y^2 & hinc porro ad $AB = 1$, $AB + AP = 1 + lx$ atque lineam inventam y^2 quarta proportionalis.

PROBLEMA 121.

Tab. III. Fig. 30. 284. *Determinare minimam applicatam SR in curva exponentiali, ad quam $x^x = y$.*

Quoniam $ylxdx + ydx = dy$ (§. 282); fiat $ylxdx + ydx = 0$ (§. 61).

erit $lx + 1 = 0$

$1 = -lx$

Fiat ergo $AT = AB = 1$; erit $TV = AR = x$ (§. 554 *part. 1.*).

Quodſi pro lx in æquatione curvæ $xlx = ly$ ſubſtituatur valor modo inventus -1; prodibit $x = -ly$. Fiat igitur $AQ = VT = -x$; erit $NQ = y$ (§. *cit. part. 1*).

PROBLEMA 122.

285. *Quadrare curvam exponentialem, ad quam $x^x = y$.*

Quoniam elementum areæ ydx (§. 98); erit area curvæ $= \int x^x dx =$ (ſi pro x ponatur $1 + v$) $v + \frac{1}{2}v^2 + \frac{1}{3}v^3 + \frac{1}{8}v^4 + \frac{1}{15}v^5 + \frac{1}{72}v^6$ &c. in infinitum (§. 267).

PROBLEMA 123.

286. *Invenire æquationem ad curvam, cujus ſubtangens $= 1 : (1 + lx)$.*

Quoniam $1 : (1 + lx) = ydx : dy$ (§. 210)

erit $dy = y(1 + lx)\,dx$

$dy : y = dx + lxdx$

$\int dy : y = ly$, $\int (dx + lxdx) = xlx$

$ly = xlx$

$y = x^x$ (§. 337 *Arithm.*)

PROBLEMA 124.

287. *Invenire æquationem ad curvam, cujus ſubnormalis* $y^2(lx + 1)$.

Quo-

Quoniam $y^2(lx+1)=ydy:dx$ (§.35)

erit $y^2(lx+1)dx=ydy$ — y^2

$lxdx+dx=dy:y$

$xlx=ly$ (§.243)

$x^x=y$ (§.341 *Arithm.*)

PROBLEMA 125.

288. *Invenire æquationem ad curvam, cujus ſubnormalis y^2la.*

Quoniam $y^2la=ydy:dx$ (§. 35)

erit $y^2ladx=ydy$

$ladx=dy:y$

$xla=ly$ (§.243)

$a^x=y$ (§.341 *Arithm.*)

Eſt ergo Curva quæſita Logarithmica vulgaris ſeu Logiſtica (§. 272).

PROBLEMA 126.

289. *Invenire æquationem ad curvam, cujus area $(2x^2lx-x^2):4la$.*

Quoniam (§. 98)

$(4xlxdx+2xdx-2xdx):4la=ydx$

erit $4xlx=4yla$

$xlx=yla$

$x^x=a^y$ (§.341 *Arithm.*)

Curva hæc vi probl. 114. (§.268) ita conſtruitur ope Logarithmicæ vulgaris MBN. Sit nempe AB=1; quæ in infinitum producatur. Fiat AD=a & AC=x, ducanturque DL & CM ipſi AP, HL & PM ipſi AC parallelæ; erit DL=AH=la & CM=AP=lx (§. 268). Fiat AF=AH & ducatur FE ipſi CG parallela, per A vero & E recta AG ipſi CM continuatæ in G occurrens, erit CG=$xlx:la=y$ (§.268 *Geom.*), adeoque punctum G in curva quæſita, quæ definitur per $x^x=a^y$. Tab. III. Fig. 32.

COROLLARIUM 1.

290. Quia $lxdx+dx=lady$ (§. 243)

erit $dx=lady:(lx+1)$

$ydx:dy=yla:(lx+1)$ (§. 20).

Eſt ergo ſubtangens curvæ hujus exponentialis quarta proportionalis ad AB+AP, CG & conſtantem AH.

COROLLARIUM 2.

291. Quia $(lxdx+dx):la=dy$ (§.290); erit $ydy:dx=y(lx+1):la$, adeoque ſubnormalis curvæ hujus exponentialis eſt quarta proportionalis ad conſtantem AH, ad AP+AB & ad CG.

COROLLARIUM 3.

292. Eſt ergo ſubtangens ad ſubnormalem ut $yla:(lx+1)$ ad $y(lx+1):la$, hoc eſt, ut la^2 ad $(lx+1)^2$ (§.124 *part. 1*). Quare quadratum compoſitæ ex conſtante AB & variabili AP eſt ad quadratum conſtantis AH ut ſubnormalis curvæ exponentialis ad ejus ſubtangentem.

SECTIO

Digitized by Google

SECTIO IV. DE CALCULO DIFFERENTIO-DIFFERENTIALI.

CAPUT I. DE NATURA CALCULI DIFFERENTIO-DIFFERENTIALIS.

DEFINITIO 14.

293. *Calculus differentio-differentialis* eſt methodus quantitates differentiales denuo differentiandi.

COROLLARIUM.

294. Quoniam ſignum differentialis eſt d (§. 8): differentiale ipſius dx erit ddx; differentiale ipſius ddx erit $dddx$ & ita porro.

HYPOTHESIS.

295. *Scribantur* ddx, $dddx$, $ddddx$ &c. *compendioſius* d^2x, d^3x, d^4x &c.

DEFINITIO 15.

296. *Differentiale primi gradus* eſt infiniteſima quantitatis ordinariæ, ut dx, *Differentiale ſecundi gradus* eſt infiniteſima quantitatis differentialis primi gradus, veluti ddx, $dxdx$ vel dx^2, $dxdy$. *Differentiale tertii gradus* eſt infiniteſima quantitatis differentialis ſecundi gradus, ut $dddx$, dx^3, $dxdydz$ & ita porro.

PROBLEMA 127.

297. *Invenire regulas differentiandi differentialia quæcunque data.*

RESOLUTIO.

Eodem prorſus modo inveſtigari poſſunt, quo ſupra invenire docuimus regulas differentiandi quantitates ordinarias (§. 17. 19): id quod uno alteroque exemplo oſtendere libet.

E. gr. I. Sit inveſtigandum differentiale ipſius xdx.

Fiat $xdx = v$

erit $dx = v : x$

$d^2x = (xdv - vdx) : x^2$ (§. 19)

$x^2d^2x = xdv - vdx$

$vdx + x^2d^2x = xdv$

hoc eſt, ob $v = xdx$,

$xdx^2 + x^2d^2x = xdv$

$dx^2 + xd^2x = dv$

Differentiatur ergo xdx eodem modo, quo duæ quantitates ordinariæ ſe mutuo multiplicantes differentiari ſolent (§. 12).

II. Sit differentiale ipſius $x:dx$ inveſtigandum.

Fiat $x:dx=v$

$$x=vdx$$

$$dx=vd^2x+dxdv \quad \textit{per caſ. prac.}$$
$$dx-vd^2x=dxdv$$

hoc eſt, ob $v=x:dx$

$$dx-xd^2x:dx=(dx^2-xd^2x):dx=dxdv$$

$$(dx^2-xd^2x):dx^2=dv$$

Differentiatur itaque $x:dx$ eodem modo, quo quantitates ordinariæ ſe mutuo dividentes differentiari ſolent (§. 19).

III. Sit differentiale ipſius dx^2 inveſtigandum.

Fiat $dx^2=v$

erit $dx=v:dx$

$$d^2x=(dxdv-vd^2x):dx^2 \quad \textit{per caſ. 2.}$$

$$dx^2d^2x=dxdv-vd^2x$$

$$vd^2x+dx^2d^2x=dxdv$$

hoc eſt, ob $v=dx^2$

$$dx^2d^2x+dx^2d^2x=2dx^2d^2x=dxdv$$

$$2dxd^2x=dv$$

Differentialium igitur potentiæ, veluti dx^2, eodem modo differentiantur, quo potentiæ quantitatum ordinariarum differentiari ſolent (§. 13. ſeqq.)

COROLLARIUM 1.

298. Cum differentialia compoſita aut ſe mutuo multiplicent, aut ſe mutuo dividant, aut potentiæ ſive perfectæ, ſive imperfectæ differentialium primi gradus exiſtant; differentialia eodem modo, quo quantitates ordinariæ, differentiantur.

COROLLARIUM 2.

299. Calculus adeo differentio-differentialis non eſt diverſus a calculo differentiali (§. 293).

PROBLEMA 128.

300. *Differentiare differentialia.*

RESOLUTIO.

Differentialia conſiderentur inſtar ordinariarum quantitatum & ex circumſtantiis caſuum ſpecialium dijudicetur, quænam ſint variabiles, quænam conſtantes. Ipſa vero differentiatio abſolvatur per problemata *cap. 1. ſect. 1.* (vi §. 299).

E. gr. Sit differentiale denuo differentiandum $=1:dx$ & 1 quantitas conſtans erit $d(1:dx)=-d^2x:dx^2$ (§. 19). Similiter reperitur $d(ydy:dx)=(dy^2+yd^2y):dx$, ſi dx conſtans; vel $(dxdy^2-ydyd^2x):dx^2$, ſi dy conſtans.

CAPUT

CAPUT II.
DE USU CALCULI DIFFERENTIO-DIFFERENTIALIS IN INVENIENDO PUNCTO FLEXUS CONTRARII CURVARUM.

DEFINITIO 16.

Tab. III. Fig. 33. n. 1. 301. *Punctum flexus contrarii* eſt punctum M, in quo curva flectitur in partes contrarias, ut ſcilicet axi, aut puncto cuidam fixo, convexitatem obvertat, cum antea concavitatem obverteret. Vocatur *Punctum regreſſus*, ſi curva AMI in contrarias partes flexa regreditur verſus verticem A.

PROBLEMA 129.

302. *Determinare punctum flexus contrarii in curvis, quarum ordinatæ ſunt inter ſe parallelæ.*

RESOLUTIO.

Sint duæ curvæ AMS, quarum una axi concavitatem, altera convexitatem obvertat. Tab. III. Fig. 33. n. 1. 2. Ducatur tangens TM, ſintque PM, *pm* & QS infinitæ propinquæ, & $Pp = pQ$, hoc eſt, *dx* ſit conſtans. Demittantur ex punctis curvarum M & *m* perpendiculares MR & *mr*. Quoniam *pm* ipſi QS parallela, *per hypoth.* erit angulus $m = S$ (§. 233. *Geom.*). Sed $MR = Pp$ & $mr = pq$ *per hypoth.* adeoque $MR = mr$ (§. 87. *Arithm.*). Ergo $mR = rS$ (§. 251 *Geom.*). Eſt vero $Sr > Vr$, quando curva axi concavitatem obvertit, & $Sr < Vr$, quando convexitas curvæ axem reſpicit. Quamobrem in caſu priore differentia ſemiordinatarum *dy* continuo decreſcit, in poſteriore autem creſcit, ſumta abſciſſæ differentia *dx* pro conſtante. In puncto itaque flexus contrarii differentia ſemiordinatarum *dy* eſt minimum aliquod, quando curva primum ad axem concava, deinde convexa; maximum vero aliquod, quando curva ad axem primum convexa, deinde concava. Invenitur adeo illud punctum, ſi fiat $ddy = o$ vel $ddy = \infty$, hoc eſt, ſi ſumta *dx* pro conſtante, valor ipſius *dy* denuo differentietur (§. 300) & quæ prodit differentia vel nihilo, vel infinito æqualis ponatur.

COROLLARIUM.

303. Quodſi æquatio ad curvam igno-

tam detur; inveniri poteſt, utrum convexitatem, an concavitatem axi obvertat, ſi ex æquatione differentiali eruatur ratio *mr* & MR. E. gr. In parabola (§. 388 *part.1*).

$$ax = y^2$$

adeoque $adx = 2ydy$

$$a : 2y = dy : dx$$

hoc eſt, $a : 2\sqrt{ax} = dy : dy$

Creſcente adeo abſciſſa x, decreſcit ratio $a : 2\sqrt{ax}$ (§. 205 *Arithm.*). Quare cum dx ſit conſtans, *per hypoth.* dy decreſcere debet (§. 204 *Arithm.*). Parabola igitur conſtanter concavitatem axi obvertit, adeoque punctum flexus contrarii habet nullum.

PROBLEMA 130.

Tab. III. Fig. 34. 304. *Determinare punctum flexus contrarii* M *in Cycloide* AMN *ejus naturæ, ut ſit* AQB : BN = AQ : QM.

Sit ſemiperipheria circuli genitoris AQB $= p$, BN $= a$, AB $= 1$, PQ $= v$, AQ $= z$, AP $= x$, PM $= y$. Quoniam *per hypoth.*

$$AQB : BN = AQ : QM$$
$$p : a = z : \frac{az}{p}$$

erit PM = PQ + QM $= v + az : p$. Eſt adeo æquatio ad curvam

$$y = v + az : p$$

unde $dy = dv + adz : p$

Sed $dz = dx : 2\sqrt{(x - xx)}$ (§. 157) & ob $v = \sqrt{(x - xx)}$ (§. 377 *part. 1.*), $dv = (dx - 2xdx) : 2\sqrt{(x - xx)}$.

Ergo $2pdy = (pdx - 2pxdx + adx) : \sqrt{(x - xx)}$. Quodſi adeo dx ſumatur pro conſtante; erit (§. 300) $2pddy = -2p\sqrt{(x - xx)}\, dx^2 : (x - xx) - (pdx^2 + 4pxdx^2 - adx^2 - 4px^2dx^2 + 2axdx^2) : (x - x^2)\, 2\sqrt{(x - xx)} = [-4px + 4px^2 - p + 4px - a - 4px^2 + 2ax]\, dx^2 : 2(x - x^2)\sqrt{(x - xx)} = (2ax - p - a)\, dx^2 : 2(x - x^2)\sqrt{(x - x^2)}$. Quare (§. 302)

$$(2ax - p - a)\, dx^2 : 2(x - x^2)\sqrt{(x - x^2)} = 0$$

$$2ax - p - a = 0$$

$$2ax = a + p$$

$$x = \tfrac{1}{2} + p : 2a$$

Ergo CP = AP − AC $= x - \tfrac{1}{2} = p : 2a$. Eſt adeo $a : p = \tfrac{1}{2}$: CP

BN : AQB = BC : CP.

PROBLEMA 131.

305. *Determinare punctum flexus contrarii in curva, ad quam* $axx = (xx + aa)y$.

Quoniam $axx = (xx + aa)y$

erit $axx : (xx + aa) = y$

$$\frac{2ax^3dx + 2a^3xdx - 2ax^3dx}{(xx + aa)^2} = dy$$

hoc

hoc eſt, $\frac{2a^4xdx}{x^4+2a^2x^2+a^4}=dy$

Quodſi adeo dx ſumatur pro conſtante, reperietur (§. 300)
$[(2a^3x^4+4a^5x^2+2a^7)dx^2-(8a^3x^4-8a^5x^2)dx^2]:(x^2+a^2)^4=(2a^7-6a^3x^4-4a^5x^2)dx^2:(x^2+a^2)^4=ddy$. Quare (§. 302)

$$2a^7-6a^3x^4-4a^5x^2=0 \quad \text{———} 2a^3$$

$$a^4-3x^4-2a^2x^2=0 \quad \text{———} aa+xx$$

$$aa-3x=0$$

$$aa=3x^2$$

$$\tfrac{1}{3}aa=x^2$$

$$\sqrt{\tfrac{1}{3}aa}=x$$

Quodſi valor ipſius x^2 in æquatione data $aaxx=(xx+aa)y$ ſubſtituatur: prodibit

$$\tfrac{1}{3}a^3=\tfrac{4}{3}aay \quad \text{———} \tfrac{4}{3}aa$$

$$\tfrac{1}{4}a=y$$

Quare ſi $\sqrt{\tfrac{1}{3}aa}$ & $\tfrac{1}{4}a$ jungantur ad angulos rectos, punctum flexus contrarii determinatur, utut curva nondum fuerit deſcripta.

PROBLEMA 132.

306. *Determinare punctum flexus contrarii in curva, ad quam* $4b^3x=2b^2y^2-y^4$.

Quoniam $4b^3x=2b^2y^2-y^4$

erit $4b^3dx=4b^2ydy-4y^3dy$

$$\frac{b^3dx}{b^2y-y^3}=dy$$

Porro quoniam dx conſtans, reperietur (§. 300),

$$ddy=\frac{-b^5dxdy+3b^3y^2dxdy}{(b^2y-y^3)^2}=0$$

$$3b^3y^2-b^5=0$$

$$3y^2=b^2$$

$$y=\sqrt{\tfrac{1}{3}b^2}$$

Subſtituatur hic valor in æquatione ad curvam $4b^3x=2b^2y^2-y^4$, erit

$$4b^3x=\tfrac{2}{3}b^4-\tfrac{1}{9}b^4=\tfrac{5}{9}b^4$$

$$x=\tfrac{5}{36}b$$

Quodſi ſit $x=0$, erit

$$2b^2y^2-y^4=0$$

$$2b^2=y^2$$

$$\sqrt{2b^2}=y$$

Quodſi ponamus $dy=\infty$, erit ob

$$b^3dx:(b^2y-y^3)=dy$$

$$b^2y-y^3=0$$

$$b^2-y^2=0$$

$$b^2=y^2$$

$$b=y$$

Digitized by Google

in caſu maximi (§.63).

Quodſi denique hic valor ſubſtituatur in æquatione ad curvam $4b^3x=2b^2y^2-y^4$; erit

$$4b^3x=2b^4-b^4=b^4$$

adeoque $x=\frac{1}{4}b$

Curvæ igitur hujus ductus eſt prorſus mirabilis.

PROBLEMA 133.

307. *Determinare punctum flexus contrarii in curva, ad quam $ay^2=x^3-bx^2$.*

Quia $ayy=x^3-bx^2$

erit $2aydy=3x^2dx-2bxdx$

$$dy=\frac{3x^2dx-2bxdx}{2ay}$$

$$ddy=(12axydx^2-4abydx^2-6ax^2dxdy+4abxdxdy):4a^2y^2=0$$

Hinc $(12axy-4aby)dx^2=(6ax^2-4abx)dxdy$

$$\frac{(6x-2b)ydx}{3x^2-2bx}=dy=\frac{(3x^2-2bx)dx}{2ay}$$

$$(12x-4b)ayy=(3x^2-2bx)^2$$

$$(12x-4b)(x^3-bx^2)=(3x^2-2bx)^2$$

hoc eſt,

$$12x^4-16bx^3+4b^2x^2=9x^4-12bx^3+4b^2x^2$$

$$3x^4-4bx^3=0$$

$$3x-4b=0$$

$$3x=4b$$

$$x=\frac{4}{3}b$$

Subſtituatur valor ipſius x in æquatione data $ayy=x^3-bx^2$; reperietur

$$ayy=\tfrac{64}{27}b^3-\tfrac{16}{9}b^3$$
$$=\tfrac{64}{27}b^3-\tfrac{48}{27}b^3$$
$$=\tfrac{16}{27}b^3$$
$$=\tfrac{2}{9}b^3$$

$$y=\tfrac{1}{3}\sqrt{(2b^3:a)}$$

PROBLEMA 134.

308. *Determinare punctum flexus contrarii in curva, ad quam $y-a=(x-a)^{3:5}$*

Quoniam $y-a=(x-a)^{3:5}$

erit $dy=\frac{3}{5}(x-a)^{-2:5}dx$

Quodſi ergo dx ſumatur pro conſtante; reperietur

$$ddy=-\tfrac{6}{25}(x-a)^{-7:5}dx^2=0$$

$$-\tfrac{6}{25}(x-a)^{-7:5}=0$$

$$-6=0$$

Quoniam nullus valor ipſius x prodit

prodit in hypotheſi $ddy = 0$; ponatur

$$-6dx^2 : 25\sqrt[5]{(x-a)^7} = \infty$$

erit $$25\sqrt[5]{(x-a)^7} = 0$$

$$x-a=0$$

$$x=a$$

PROBLEMA 135.

309. *Determinare punctum flexus contrarii in curvis, quarum ſemiordinatæ* CM, C*m*, *ex puncto fixo* C *ducuntur.*

Tab. III. Fig. 35. n. 1, 2. Sit C*m* ipſi CM infinite propinqua & CM=y. Tangat TM curvam in puncto M & occurrat ipſi CT ad CM perpendiculari in T. Erigatur etiam C*t* perpendicularis ad C*m* & ducatur tangens *tm* ad punctum *m*, quæ ipſi C*t* in *t* occurret. Secabit autem tangens TM perpendicularem C*t* in L, eritque C*t* $<$ CL, quando curva puncto C ſeu polo convexitatem obvertit; aſt eadem C*t* $>$ CL, quando curva eſt verſus polum C concava. Igitur in flexus contrarii puncto L*t* =o. Deſcribatur jam ex centro C radio CM arcus MR $= dx$ & radio CT arcus TH; erit ob MCT= *m*C*t* (§. 145 *Geom.*) MC*m*=HCT (§. 91 *Arithm.*), conſequenter arcus TH ∽ MR (§. 141 *Geom.*). Porro TCM eſt rectus *per conſtruct.* MR*m* itidem rectus (§. 38), adeoque TCM=MR*m* (§. 145 *Geom.*). Et quia TMC=M*m*C+MC*m* (§. 239 *Geom.*), & MC*m*=o; erit M*m*R= TMC, conſequenter (§. 267. *Geom.*)

$$mR : MR = MC : TC$$
$$dy : dx = y : \frac{ydx}{dy}$$

Et ob arcus MR & TH ſimiles *per demonſtrata*, erit (§. 413 *Geom.*) & §. 171 *Arithm.*)

$$CM : CT = MR : TH$$
$$y : \frac{ydx}{dy} = dx : \frac{dx^2}{dy}$$

Denique cum verticales ad L ſint æquales (§. 156 *Geom.*) ob infinite parvum LCT vero MLC=LTC (§. 239 *Geom.*) & H rectus (§. 38), MCT itidem rectus *per conſtruct.* erit (§. 267 *Geom.*)

$$CM : CT = TH : HL$$
$$y : \frac{ydx}{dy} = \frac{dx^2}{dy} :$$

Ergo $HL = dx^3 : dy^2$.

Eſt vero ob $CT = ydx : dy$ ſumto arculo $MR = dx$ pro conſtante $tH = (dxdy^2 - ydxddy) : dy^2$ (§. 300). Ergo $tL = tG + HL = (dxdy^2 - ydxddy + dx^3) : dy^2$.

Fiat

Fiat jam $\frac{dxdy^2 - ydxddy + dx^3}{dy^2} = 0$

erit $dy^2 + dx^2 = yddy$

PROBLEMA 136.

Tab. I. Fig. 5. 310. *Determinare punctum flexus contrarii in conchoide* Nicomedis.

Sit AB$=qM=a$, BC$=b$, C$q=z$, CM $=y$, M$r=dx$, erit $mr=dy$ & (§.535 *part. 1*)

$$z+a=y$$

$$dz=dy$$

Porro B$q=\surd(zz-bb)$ (§. 417 *Geom.*) & ducto arculo qt, erit ob rectos t & B atque s & q non niſi infinite parvo angulo qCs differentes (§. 239 *Geom.*) adeoque æquales (§. 4) $\triangle\, Sqt \backsim \triangle BCq$ (§. 267 *Geom.*), conſequenter:

$$Bq : BC = St : tq$$

$$\surd(z^2-b^2) : b = dz : \frac{bdz}{\surd(z^2-b^2)}$$

Et ob ſectores Cqt & CMr ſimiles eſt

$$Cq : qt = CM : Mr$$

$$z : \frac{bdz}{\surd(z^2-b^2)} = z+a : \frac{bzdz+abdz}{z\surd(z^2-b^2)}$$

Unde $dx=(bzdz+abdz):z\surd(z^2-b^2)$

$$zdx\surd(z^2-b^2)=bzdz+abdz$$

$$\frac{zdx\surd(z^2-b^2)}{ab+bz}=dz=dy$$

Si itaque dx ſumatur pro conſtante, cum ſit differentiale ipſius $zdx\surd(z^2-b^2)=dzdx\surd(z^2-b^2)+z^2 d_z dx:\surd(z^2-b^2)=(2z^2-b^2)dzdx:\surd(z^2-b^2)$ & differentiale denominatoris $bz+ab=bdz$, reperitur $ddy=(2abz^2-ab^3+2bz^3-b^3z)dzdx:(ab+bz)^2\surd(z^2-b^2)-bz\surd(z^2-b^2)dzdx:(ab+bz)^2=(2_a bz^2-ab^3+bz^3)dzdx:(ab+bz)^2\surd(z^2-b^2)=$, ſubſtituto valore ipſius dz, $(2abz^3-ab^3z+bz^4)dx^2:(ab+bz)^3$.

Quoniam in puncto flexus contrarii

$$yddy=dx^2+dy^2 \quad (\S.308)$$

hinc tanden eruitur

$$b(z+a)(2az^3-ab^2z+z^4)dx^2:(ab+bz)^3=dx^2+(z^4-b^2z^2)dx^2:(ab+bz)^2$$

$$2az^3-ab^2z+z^4=(ab+bz)^2+z^4-b^2z^2$$

$$2az^3-ab^2z=a^2b^2+2ab^2z+b^2z^2-b^2z^2$$

$$=a^2b^2+2ab^2z$$

$$2az^3-3ab^2z=a^2b^2$$

$$\overline{}\;2a$$

$$z^3-\tfrac{3}{2}b^2z-\tfrac{1}{2}ab^2=0$$

Deſcribatur itaque parametro b parabola & (§ 622 *part. 1*) fiat AL$=\frac{5}{4}b$ & LI$=\frac{1}{4}a$. Ex centro I per vertcem A deſcribatur parabola: dico eſſe PM$=z$. Nam AI$^2=$LI$^2+$AL^2 Tab. I. Fig. 14.

$=\frac{1}{16}$

$= \frac{1}{16}aa + \frac{25}{16}bb$ & $MR = z - \frac{1}{4}a$, $AP = z^2 : b$, $IR = z^2 : b - \frac{5}{4}b$. Quare ob $AI^2 = MI^2 = MR^2 + IR^2$,

$$\frac{1}{16}aa + \frac{25}{16}bb = \frac{z^4}{bb} - \frac{10}{4}z^2 + \frac{25}{16}b^2 + z^2 - \frac{1}{2}az + \frac{1}{16}aa$$

$$\frac{z^4}{bb} - \frac{6}{4}z^2 - \frac{1}{2}az = 0$$

$$z : bb$$

$$z^3 - \frac{3}{2}b^2z - \frac{1}{2}ab^2 = 0.$$

SCHOLION.

Tab. I. Fig. 5. 311. *Niſi inconſulta nobis viſa fuiſſet figurarum multiplicatio, parabolam circa axem CT deſcripſiſſemus, ſtatuto vertice in C & crure ſurſum tendente.*

PROBLEMA 137.

Tab. III. Fig. 36. 312. *Determinare punctum flexus contrarii in ſpirali parabolica AMC, quæ generatur, ſi axis parabolæ in peripheriam circuli incurvatur.*

Quoniam ſemiordinatæ PM ad axem perpendiculares in centro C concurrere debent (§.38). Quare ſi parameter parabolæ a, abſciſſa $AP = v$, $PM = y$; erit æquatio ad ſpiralem parabolicam

$$av = y^2$$

adeoque $adv = 2ydy$

$$dv = 2ydy : a$$

Sit porro radius circuli $= r$, $MR = dx$; erit $CM = r - y$ &

$$CP : Pp = CM : MR$$

$$r : dv = r - y : dx$$

$$rdx = rdv - ydv$$

$$dx = (r - y)\, dv : r$$

hoc eſt, ſubſtituto valore ipſius dv

$$(2rydy - 2y^2dy) : ar = dx$$

$$(4r^2y^2 - 8ry^3 + 4y^4)\,dy^2 : a^2r^2 = dx^2$$

&, ſi dx ſumatur pro conſtante,

$$\frac{2rdy^2 - 4ydy^2 + 2ryddy - 2y^2ddy}{ar} = 0$$

$$(r - 2y)\,dy^2 + (ry - y^2)\,ddy = 0$$

$$(r - y)\,yddy = (2y - r)\,dy^2$$

$$yddy = \frac{(2y - r)dy^2}{r - y}$$

Habemus adeo

ob $dx^2 + dy^2 = yddy$ (§.309)

$$\frac{(4r^2y^2 - 8ry^3 + 4y^4 + a^2r^2)dy^2}{a^2r^2} = \frac{(2y - r)dy^2}{r - y}$$

$$4r^3y^2 - 8r^2y^3 + 4ry^4 + a^2r^3 - 4r^2y^3 + 8ry^4 - 4y^5 - a^2r^2y = 2a^2r^2y - a^2r^3$$

$$4y^5 - 12ry^4 + 12r^2y^3 - 4r^3y^2 + 3a^2r^2y - 2a^2r^3 = 0$$

Hujus æquationis radix y eſt ſemiordinata PM in puncto flexus contrarii.

CAPUT III.

DE USU CALCULI DIFFERENTIO-DIFFERENTIALIS IN INVESTIGANDIS EVOLUTIS CURVARUM ET RADIO OSCULI.

DEFINITIO 17.

Tab. III. Fig. 37. 313. SI curvæ BCF filum circumplicetur & ſucceſſive iterum ab ea abducatur, extremitas ejus A in rectam MC extenſi curvam aliam deſcribit, quam *Hugenius* inventor (k) *Curvam ex evolutione deſcriptam*; ſicut alteram, quæ evolvitur, *Evolutam* vocat.

DEFINITIO 18.

314. Portio fili MC appellatur *Radius Evolutæ*, item *Radius curvedinis*, *Radius oſculi*. Circulus enim, qui radio evolutæ MC ex centro C deſcribitur, dicitur curvam ex evolutione deſcriptam in M *oſculari*.

COROLLARIUM 1.

315. Evoluta igitur BCF eſt locus centrorum omnium circulorum curvam ex evolutione deſcriptam AMI oſculantium.

COROLLARIUM. 2.

316. Quando punctum B cadit in A, radius evolutæ MC æquatur arcui BC, alias aggregato ex AB & arcu BC.

COROLLARIUM 2.

317. Quia elementum arcus Mm in curva ex evolutione deſcripta eſt arcus circuli radio CM deſcriptus (§. 313); radius evolutæ CM eſt ad curvam AI perpendicularis (§. 38).

COROLLARIUM 4.

318. Quoniam radius evolutæ MC ipſam evolutam BCF continuo tangit, ceu ex geneſi manifeſtum (§. 313); curvæ ex evolutione per innumera puncta deſcribuntur, ſi tangentes in quotlibet punctis evolutæ producantur, donec arcubus ſibi reſpondentibus æquales fiant.

SCHOLION.

319. *Meditatio de curvarum oſculis debetur illuſtri* Leibnitio, *qui primus evolutarum* Hugenianarum *in metienda curvedine curvarum uſum oſtendit.*

PROBLEMA 138.

320. *Determinare radium oſculi vel curvedinis in curvis, quarum ſemiordinatæ* PM *&* *pm ſunt ad axem perpendiculares.* Tab. III. Fig. 37.

RESOLUTIO.

Sit ſemiordinata *pm* alteri PM infi-

(k) In Horolog. Oſcillatorio part. 3. def. 3. f. 60.

infinite propinqua; ſit item radius oſculi Cm alteri CM infinite propinquus. Ducatur CE ipſi AB parallela, donec ſemiordinatæ MP continuatæ in E occurrat, & MG eidem axi AB parallela. Quoniam anguli E & R ſunt recti & ob EMG & CMm (§. 317) rectos adeoque æquales (§. 145 *Geom.*) utrinque angulo CMG ſublato, EMC = GMm; erit (§. 267 *Geom.*)

MR : Mm = ME : MC

$$dx : \sqrt{(dx^2+dy^2)} = t : t\sqrt{(dx^2+dy^2)} / dx$$

Jam cum radius MC conſtans intelligatur, quamdiu ex centro C arcus infinite parvus Mm deſcribitur, interea vero ME augeatur quantitate differentiali Rm; erit radii oſculi CM differentiale nullum (§. 7). Sed, ſi dx ſumatur pro conſtante, differentiale ipſius MC eſt $dt\sqrt{(dx^2+dy^2)} : dx + tdyddy : \sqrt{(dx^2+dy^2)}dx = (dtdx^2 + dtdy^2 + tdyddy) : dx\sqrt{(dx^2+dy^2)}$. Ergo

$$\frac{dtdx^2+dtdy^2+tdyddy}{dx\sqrt{(dx^2+dy^2)}} = 0$$

$$dtdx^2+dtdy^2 = -tdyddy$$

Quoniam mR differentiale ſemiordinatæ etiam differentiale ipſius ME ob PE conſtantem; erit $dt = dy$.

Quare $dx^2+dy^2 = -tddy$

$$(dx^2+dy^2) : -ddy = t$$

Quodſi itaque ex æquatione ad curvam datam ſubſtituatur valor ipſius dy^2 & $-ddy$; prodibit ME $= t$ in quantitatibus ordinariis.

Si vero radius evolutæ MC ipſe deſideretur (quem interdum inveniri præſtat) fiat (§. 267 *Geom.*) ob PH $= ydy : dx$ (§. 35)

MP : PH = ME : EC

$$y : \frac{ydy}{dx} = \frac{dx^2+dy^2}{-ddy} : \frac{dx^2dy+dy^3}{-dxddy}$$

Unde $EC^2 = \dfrac{dx^4dy^2+2dx^2dy^4+dy^6}{dx^2ddy^2}$

$$ME^2 = \frac{dx^4+2dx^2dy^2+dy^4}{ddy^2} = \frac{dx^6+2dx^4dy^2+dx^2dy^4}{dx^2ddy^2}$$

$$MC^2 = \frac{dx^6+3dy^2dx^4+3dy^4dx^2+dy^6}{dx^2ddy^2}$$

$$= (dx^4+2dx^2dy^2+dy^4)(dx^2+dy^2) : dx^2ddy^2$$

$$MC = (dx^2+dy^2)\sqrt{(dx^2+dy^2)} : -dxddy.$$

PROBLEMA 139.

321. *Data æquatione ad curvam algebraicam, invenire æquationem ad evolutam.*

 RESO-

RESOLUTIO.

Tab. III. Fig. 97. 1. Inveſtigentur quantitates BN & CN in valore abſciſſæ AP aut ſemiordinatæ PM. Nimirum ME invenitur (§. 320): unde ſubducta PM relinquit PE = NC. Sed per analogiam PM : PH = ME : EC (§. 267 *Geom.*) reperitur EC. Si vero ex AP + EC = AN ſubtrahatur AB radius evolutæ in vertice B per probl. præc. determinandus, relinquitur BN,

2. Fiat valor ipſius BN = v, CN = z & communis æquationum reductio dabit æquationem ad evolutam in puris v & z atque conſtantibus.

PROBLEMA 140.

322. *Invenire radium circuli parabolam oſculantis & æquationem ad ejus evolutam.*

I. Quoniam $ax = y^2$

erit $adx = 2ydy$

$adx : 2y = dy$

$a^2dx^2 : 4y^2 = dy^2$

h. e. $adx^2 : 4x = dy^2$

Et, ſi dx ſumatur pro conſtante, invenietur ob $adx : 2\surd ax = dy$

$-adx^2 : 4x\surd ax = ddy$

Unde $(dx^2 + dy^2) : -ddy = (4xdx^2 + adx^2)\, 4x\surd ax : 4axdx^2 = (a + 4x)\surd ax : a = \surd ax + 4x\surd ax : a = y + 4xy : a = t =$ ME = PM + PE. Eſt vero PM = y. Ergo PE = $4xy : a$ hoc eſt, quia $x = y^2 : a$, PE = $4y^3 : aa$. Tab. III. Fig. 33.

Conſtructio. Quoniam PM = y, TP = $2y^2 : a$ (§. 21); ſi in T excitetur ad TM perpendicularis TE ipſi MP continuatæ in E occurrens; erit PE = $4y^4 : aay = 4y^3 : aa$ (§. 327 *Geom.*). Quodſi ergo ulterius in E & M excitentur perpendiculares EC & MC ad ME & MT; communis interſectio in C radium oſculi ſeu evolutæ MC determinabit (§. 317).

II. Quoniam EC ipſi PH parallela; erit (§. 267 *Geom.*) ob PH = $\frac{1}{2}a$ (§. 36).

PM : PH = ME : EC

$y : \frac{1}{2}a = y + \frac{4xy}{a} : \frac{1}{2}a + 2x$

adeoque EC^2 = $\frac{1}{4}aa + 2ax + 4xx$

ME^2 = $ax + 8x^2 + 16x^3 : a$

MC^2 = $\frac{1}{4}aa + 3ax + 12x^2 + 16x^3 : a$

Jam cum MC coincidit in AB, hoc eſt, quando radius evolutæ eſt AB, $x = 0$ Quare AB^2 = $\frac{1}{4}aa$ & hinc AB = $\frac{1}{2}a$. Eſt adeo BN = AP + PN − AB = $3x + \frac{1}{2}a - \frac{1}{2}a = 3x$. Sit jam BN = v, CN = PE = z: erit

$v = 3x$ $\qquad$ $z = 4x\surd ax : a$

$\frac{1}{3}v = x$ $\qquad$ $z = \frac{4}{3}v\surd av : a$

$$3az = 4v\surd\tfrac{1}{3}av$$

$$9a^2z^2 = \tfrac{16}{3}av^3 \qquad a:3$$

$$27az^2 = 16v^3$$

En æquationem ad evolutam Parabolæ *Apollonianæ*: unde intelligitur evolutam parabolæ *Apollonii* eſſe parabolam ſecundi generis, cujus parameter $\frac{27}{16}$ parametri in parabola *Apolloniana*.

III. Si MC in terminis analyticis quæratur, erit, ſubſtitutis in formula generali $(dx^2+dy^2)\surd(dx^2+dy^2):-dxddy$ valoribus dy^2 & $-ddy$ paulo ante inventis, $MC=(dx^2+adx^2:4x)\surd(dx^2+adx^2:4x)4x\surd ax:adx^3=(4x+a)dx^3\surd(4x+a)4x\surd ax:8axd^3x^3\surd x=(4x+a)\surd(4x+a):2\surd a$.

Quodſi fiat $x=0$, erit vi n. 1. $ME=0$ & $MC=a\surd a:2\surd a=\frac{1}{2}a$, hoc eſt, circuli parabolam in vertice oſculantis diameter æquatur parametro & centrum ejus ob $ME=0$ eſt in axe parabolæ.

Porro quia $MC=(4x+a)\surd(4x+a):2\surd a=(4ax+a^2)\surd(4ax+a^2):2a^2$ & $\frac{1}{2}\surd(4ax+a^2)=MH$ ſeu normali: erit $MC=\frac{8MH^3}{2a^2}$.

Eſt autem $8MH^3$ cubus duplæ normalis MH, ſicuti $2a^2$ duplum quadrati parametri.

Conſtructio. Fiat $a:2MH=2MH:\frac{4MH^2}{a}$ & $2MH:\frac{4MH^2}{a}=\frac{4MH^2}{a}:\frac{8MH^3}{a^2}$ hoc eſt, quæratur ad parametrum & duplam normalem 2MH quarta continue proportionalis, erit ejus dimidium radius oſculi MC.

Quoniam etiam $MC=4MH^3:a^2$, erit etiam $a:MH=MH:\frac{MH^2}{a}$ & $MH:\frac{MH^2}{a}=\frac{MH^2}{a}:\frac{MH^3}{a^2}$, hoc eſt, quæratur ad parametrum & normalem MH quarta continue proportionalis, erit ejus quadrupla radius oſculi ſeu evolutæ MC.

PROBLEMA 141.

323. *Determinare radium oſculi ſeu evolutæ* MC *in infinitis parabolis aut paraboloidibus.*

Ad infinitas parabolas (§. 519 *part. 1.*)

$$y^m = a^{m-1}x$$

$$my^{m-1}dy = a^{m-1}dx$$

Quodſi ergo dx ſumatur pro conſtante, erit

$$(m^2-m)y^{m-2}dy^2+my^{m-1}ddy=0$$

$$(m^2-m)y^{m-2}dy^2=-my^{m-1}ddy$$

$$(m-1)y^{-1}dy^2=-ddy$$

Quamobrem

$$(dx^2+dy^2):-ddy=(ydx^2+ydy^2):(m-1)dy^2$$

hoc eſt, ob $dx^2=m^2y^{2m-2}dy^2:a^{2m-2}$

$ME = (m^2 y^{2m-1} dy^2 + a^{2m-2} y dy^2) : (m-1) a^{2m-2} dy^2 = (m^2 y^{2m-1} + a^{2m-2} y) : (m-1) a^{2m-2} = m^2 y^{2m-1} : (m-1) a^{2m-2} + y : (m-1) = \frac{1}{m-1} y + \frac{m^2 x^2}{(m-1)y}$

Sit jam $m = 2$, erit $x = y^2 : a$ & hinc $x^2 = ax . y^2 : a^2 = xy^2 : a$, adeoque $ME = 4xy^2 : ay + y = 4xy : a + y$, ut in problemate præcedente.

PROBLEMA 142.

324. *Determinare radium oſculi in circulo.*

Quoniam ad circulum (§. 377 *part. 1*)

$$y^2 = 2rx - xx$$

erit $2ydy = 2rdx - 2xdx$

$$ydy = rdx - xdx$$

Quare ſi dx ſumatur pro conſtante, erit

$$dy^2 + yddy = -dx^2$$

$$(dx^2 + dy^2) : y = -ddy$$

Quare (§. 320)

$$\frac{dx^2 + dy^2}{-ddy} = y \frac{(dx^2 + dy^2)}{dx^2 + dy^2} = y$$

Eſt itaque $ME = y$, hoc eſt, punctum E cadit in P, adeoque C in centrum circuli H (§. 38. 320). Radius igitur circuli idem eſt cum radio oſculi, hoc eſt, circulus, qui circulum oſculatur, huic congruit & circuli evoluta eſt centrum ejus.

PROBLEMA 143.

325. *Invenire radium oſculi in ellipſi.*

Quoniam ad ellipſin (§. 420 *part. 1*)

$$ay^2 = abx - bx^2$$

erit $2aydy = abdx - 2bxdx$

$dy = (abdx - 2bxdx) : 2\sqrt{(a^2bx - abx^2)}$ ob $a^2y^2 = a^2bx - abx^2$

Unde, ſi dx ſumatur pro conſtante, $ddy = -4bdx^2 \sqrt{(a^2bx - abx^2)} : (4a^2bx - 4abx^2) - (a^3b^2dx^2 + 4a^2b^2xdx^2 - 4ab^2x^2dx^2) : (4a^2bx - 4abx^2) \sqrt{(a^2bx - abx^2)} = (-4a^2b^2xdx^2 + 4ab^2x^2dx^2 - a^3b^2dx^2 + 4a^2b^2xdx^2 - 4ab^2x^2dx^2) : (4a^2bx - 4abx^2) \sqrt{(a^2bx - abx^2)} = -a^3b^2dx^2 : (4a^2bx - 4abx^2) \sqrt{(a^2bx - abx^2)}$.

Nimirum ſi $D = 2\sqrt{(a^2bx - abx^2)}$ & $N = abdx - 2bxdx$; reperietur $dD = (a^2bdx - 2abxdx) : \sqrt{(a^2bx - abx^2)}$, adeoque $\frac{dD.N}{D^2} = \frac{a^3b^2dx^2 - 4a^2b^2xdx^2 + 4ab^2x^2dx^2}{(4a^2bx - 4abx^2)\sqrt{(a^2bx - abx^2)}}$, quæ eſt differentialis valoris ipſius dy pars negativa (§. 19).

Eſt vero porro $dy^2 = (a^2b^2 - 4ab^2x + 4b^2x^2) dx^2 : (4a^2bx - 4abx^2)$

Quare $dy^2 + dx^2 = (a^2b^2 - 4ab^2x + 4b^2x^2 + 4a^2bx - 4abx^2) dx^2 : (4a^2bx - 4abx^2)$ & $(dy^2 + dx^2)\sqrt{(dx^2 + dy^2)} =$

a^2b

$(a^2b^2 - 4ab^2x + 4b^2x^2 + 4a^2bx - 4abx^2)\surd(a^2b^2 - 4ab^2x + 4b^2x^2 + 4a^2bx - 4abx^2)dx^3 : (4a^2bx - 4abx^2)2\surd(a^2bx - abx^2)$, conſequenter $MC = (dx^2 + dy^2)\surd(dx^2 + dy^2) : -dxddy = (a^2b^2 - 4ab^2x + 4b^2x^2 + 4a^2bx - 4abx^2)\surd(a^2b^2 - 4ab^2x + 4b^2x^2 + 4a^2bx - 4abx^2) : 2a^3b^2 =$ (brevitatis gratia) $v\surd v : 2a^3b^2$.

Eſt vero (§. 44) normalis $MH = y\surd(dx^2 + dy^2) : dx$. Quare cum ſit $y = \surd(abx - bx^2) : \surd a$ & $\surd(dx^2 + dy^2) = dx\surd v : 2\surd(abx - bx^2)\surd a$. Erit $MH = \surd(abx - bx^2)dx\surd v : 2a\surd(abx - bx^2)dx = \surd v : 2a$, conſequenter $MH^3 = v\surd v : 8a^3$, adeoque $4MH^3 = v\surd v : 2a^3$.

Eſt itaque $MC = v\surd v : 2a^3b^2 = 4MH^3 : b^2$

Conſtructio. Fiat $b : MH = MH : \frac{MH^2}{b}$ & $MH : \frac{MH^2}{b} = \frac{MH^2}{b} : \frac{MH^3}{b^2}$

hoc eſt, quæratur ad parametrum b & normalem MH quarta continue proportionalis; erit hujus quadrupla radius oſculi MC.

COROLLARIUM.

326. Si AP ſive $x = 0$: circuli in A ellipſin oſculantis AB reperitur $a^2b^2\surd a^2b^2 : 2a^3b^2 = a^3b^3 : 2a^3b^2 = \frac{1}{2}b$.

PROBLEMA 144.

327. *Invenire radium oſculi ſeu evolutæ in hyperbola.*

Quoniam ad hyperbolam (§. 459 *part 1*) $ay^2 = abx + bx^2$, radius oſculi MC eodem prorſus, ut in probl. præced. modo invenitur $(4a^2bx + 4abx^2 + a^2b^2 + 4ab^2x + 4b^2x^2)\surd(4a^2bx + 4abx^2 + a^2b^2 + 4ab^2x + b^2x^2) : 2a^3b^2 = 4MH^3 : bb$ &, ſi $x = 0$, hoc eſt in vertice,

$$= a^2b^2\surd a^2b^2 : 2a^3b^2$$
$$= \tfrac{1}{2}b.$$

PROBLEMA 145.

328. *Invenire radium circuli* MC *cycloidem* AMB *in* M *oſculantis.* Tab. III.

Sit diameter circuli genitoris AD $= 1$, AP $= x$, PM $= y$, erit QP $= \surd(x - xx)$ (§. 377 *part. 1*), arcus AQ $= \int(dx : 2\surd[x - xx])$ (§. 157), adeoque PM $=$ PQ $+$ QM $= \surd(x - xx) + \int[dx : 2\surd(x - xx)]$ (§. 565 *part. 1*). Quamobrem Fig. 39.

$$y = \surd(x - xx) + \int\frac{dx}{2\surd(x - xx)}$$

$$dy = \frac{dx - 2xdx + dx}{2\surd(x - xx)} = \frac{2dx - 2xdx}{2\surd(x - xx)}$$

$= dx(1 - x) : \surd x\surd(1 - x) = dx\surd(1 - x) : \surd x$

Quodſi ergo dx ſumatur pro conſtante, reperietur

$ddy = -dx^2\surd x : 2x\surd(1 - x) - dx^2\surd(1 - x) : 2x\surd x = (-xdx^2 - dx^2 + xdx^2) : 2x\surd(x - xx) = -dx^2 : 2x\surd(x - xx)$.

Unde ob $dx^2 + dy^2 = dx^2 + dx^2$
$(1 - x)$

Digitized by Google

$(1-x):x=(xdx^2+dx^2-xdx^2):x=dx^2:x$, eruitur $MC=(dx^2+dy^2)\sqrt{(dx+dy^2)}:dxddy$ (§. 320) $=2xdx^3\sqrt{(x-x^2)}:xdx^3\sqrt{x}=2\sqrt{(1-x)}$ $=2DQ$ (§. 417. *Geom.*). Nam

$$PD^2=1-2x+xx$$
$$PQ^2=x-xx$$

$$DQ^2=1-x. \quad \text{Ergo } DQ=\sqrt{(1-x)}.$$

Conſtructio. Quoniam tangens TM ipſi AQ parallela (§. 132); TMQ = AQP (§. 233 *Geom.*). Eſt vero AQD rectus (§. 317 *Geom.*): & TMC itidem rectus (§. 317): Ergo QMC = PQD (91 *Arithm.*), conſequenter MC ipſi QD parallela. Conſtructio igitur talis eſt: ducatur MC ipſi QD parallela & fiat EC = EM; erit C punctum in evoluta cycloidis.

COROLLARIUM 1.

329. Si $x=0$; erit radius evolutæ $2\sqrt{1}=2=2AD$, quia $AD=1$. Quare ſi DG fiat = AD; in G terminabitur evoluta ex una parte. Si $x=AD=1$; erit radius evolutæ $2\sqrt{(1-1)}=2\sqrt{0}=0$. Quare evoluta ex altera parte in B terminatur.

COROLLARIUM 2.

330. Quodſi BL ipſi QD vel MC parallela ducatur, erit LBD = BDQ §. 233 *Geom.*), adeoque arcus QD & BL (§. 322 *Geom.*) chordæque cognomines (§ 289 *Geom.*), conſequenter BL = EC (§. 337 *Geom.*) & hinc LC ipſi BE æqualis & parallela (§. 257 *Geom.*). Eſt vero BE arcui QD (§. 575 *part. 1*) adeoque & alteri BL, *per demonſtr.* æqualis. Quare LC æqualis arcui BL (§. 87 *Arithm.*) Eſt itaque evoluta cycloidis itidem cyclois æqualis & ſimilis (§. 575 *part. 1*), hoc eſt, cyclois ſui evolutione ſeipſam deſcribit.

SCHOLION.

331. *Cum radius oſculi aut evolutæ vel æqualis ſit arcui evolutæ, vel eundem quantitate data excedat* (§. 316); *omnes arcus evolutarum geometrice rectificantur, quarum radii per conſtructiones geometricas exhiberi poſſunt. Unde patet, cur arcus cycloidis* BC *ſit chordæ* BL *duplus* (§. 168): *eſt enim radius evolutæ* MC *ejusdem duplus* (§. 328) *& evoluta cycloidis ipſa quoque cyclois eſt* (§ 330). *Liquet etiam innumeras inveniri poſſe curvas, quæ ſaltem geometrice rectificantur; Ceterum utilis eſt radii oſculi inventio, quia arcus circuli oſculatoris ſubſtitui poteſt pro arcu curvæ, quam oſculatur, in praxi. Ita ſpeculum ſphæricum cavum obſervante* Leibnitio *in Actis Erudit. A. 1686. ſubſtituitur parabolico, cujus parameter parabolæ eſt diameter circuli eam in vertice oſculantis* (§. 327) *ſicque perinde ac parabolicum diſtantiam foci habet quartæ diametri parti æqualem.*

PROBLEMA 146.

332. *Determinare radium oſculi ſeu evolutæ in Logarithmica.*

Quoniam in Logarithmica (§. 54.)

$$ydx:dy=a$$

$$ydx:a=dy$$

$dxdy:a=ddy$, quia dx conſtans

ſeu

ſeu $ddy = y dx^2 : a^2$,
Eſt vero $dy^2 = y^2 dx^2 : a^2$, adeoque
$$dy^2 + dx^2 = y^2 dx^2 : a^2 + dx^2$$
$$= (y^2 + a^2) dx^2 : a^2$$

$$(dy^2 + dx^2)\sqrt{(dx^2 + dy^2)} = dx^3 (y^2 + a^2)\sqrt{(y^2 + a^2)} : a^3$$

$$\frac{(dx^2 + dy^2)\sqrt{(dx^2 + dy^2)}}{-dx\,ddy} = \frac{dx^3 (y^2 + a^2)\sqrt{(y^2 + a^2)}\,a^2}{a^3 y dx^3} = \frac{(y^2 + a^2)\sqrt{(y^2 + a^2)}}{-ay}$$

Tab. I. Fig. 8. Eſt igitur radius oſculi ſeu evolutæ $= (y^2 + a^2)\sqrt{(y^2 + a^2)} : ay$.

Enimvero cum a ſit ſubtangens Logiſticæ PT, y ſemiordinata PM, erit $\sqrt{(y^2 + a^2)}$ tangens TM (§. 417 *Geom.*). Porro cum ſit

$$TP : PM = PM : PH$$
$$a : y = y :$$

erit ſubnormalis $PH = y^2 : a$, conſequenter TH compoſita ex ſubnormali $y^2 : a$ & ſubtangente $a = (y^2 + a^2) : a$. Habemus adeo

$$y : \frac{y^2 + a^2}{a} = \sqrt{(y^2 + a^2)} : MC$$

h.e. PM : TH = TM : MC

Theorema. In Logiſtica radius oſculi ſeu evolutæ eſt quarta proportionalis ad ſemiordinatam, tangentem atque compoſitam ex ſubtangente ac ſubnormali.

Quantitas negativa eſt ob valorem ipſius y in præſente caſu negativum.

Porro quoniam ay eſt ſpatium logiſticum interminatum HPMI (§. 134) & $(a^2 + y^2)\sqrt{(a^2 + y^2)} = TM^3$; erit HPMI : $TM^2 = TM : MC$. Habemus itaque hoc

Theorema. Spatium logiſticum interminatum eſt ad quadratum tangentis in ratione tangentis ad radium oſculi ſeu evolutæ.

SECTIO V.
DE ARITHMETICA INFINITORUM.
CAPUT I.
DE NATURA ARITHMETICÆ INFINITORUM.

DEFINITIO 19.

333. *Arithmetica infinitorum* eſt methodus ſummandi ſeries numerorum infinitis terminis conſtantes, aut earum rationes inveſtigandi.

PROBLEMA 147.

334. *Invenire ſummam fractionum*

num infinitarum, quarum numerator communis eſt unitas, denominatores vero progrediuntur in ratione numeratoris primæ ad ſuum denominatorem.

Sit fractio prima $1:e$. Numerus terminorum cum ſit infinitus & termini continuo decreſcant, devenietur tandem ad infiniteſimam (§. 2), adeoque ſumma fractionis primæ & hujus, quæ tanquam ultima conſideratur, ipſi fractioni primæ $1:e$ æqualis (§.4). Diviſa ergo per $e-1$ dat ſummam omnium terminorum $1:(ee-e)$ excepto primo (§. 119 *part. 1*). Quare ſumma integræ ſeriei $1:(ee-e)+1:e=(1+e-1):(ee-e)=e:(ee-e)=1:(e-1)$.

Sit e. gr. $e=2$; erit ſ$(\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\frac{1}{16}+\frac{1}{32}$ &c. in infinit $=1$.

Sit $e=3$; erit ſ$(\frac{1}{3}+\frac{1}{9}+\frac{1}{27}+\frac{1}{81}$ &c. in infinit.$)=\frac{1}{2}$.

Sit $e=4$; erit ſ$(\frac{1}{4}+\frac{1}{16}+\frac{1}{64}$ &c. in infinit.$)=\frac{1}{3}$.

Sit $e=5$; erit ſ$(\frac{1}{5}+\frac{1}{25}+\frac{1}{125}$ &c. in infinit.$)=\frac{1}{4}$.

Sit $e=6$; erit ſ$(\frac{1}{6}+\frac{1}{36}+\frac{1}{216}$ &c. in infinit.$)=\frac{1}{5}$.

PROBLEMA 148.

335. *Invenire ſummam infinitarum fractionum, ubi numerator communis eſt unitate minor denominatore primæ & denominatores progrediuntur in ratione unitatis ad denominatorem primæ.*

Sit denominator fractionis primæ $=m$; erit numerator $=m-1$. Summa primi & ultimi termini utpote primo æqualis $=(m-1):m$, quæ per $m-1$ diviſa dat ſummam omnium terminorum excepto maximo ſeu primo $1:m$. Quare ſumma integræ ſeriei $=m:m=1$

Sit e. gr. $m=2$, erit ſ$(\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\frac{1}{16}$ &c. in infinit.$)=1$, ut ante (§.334)
Sit $m=3$, erit ſ$(\frac{2}{3}+\frac{2}{9}+\frac{2}{27}$ &c in infinit.$)=1$.

Sit $m=4$, erit ſ$(\frac{3}{4}+\frac{3}{16}+\frac{3}{64}$ &c. in infinit.$)=1$.

SCHOLION.

336. *Poterat idem per modum corollarii ex theoremate præcedente deduci. Eſt enim* ſ$(\frac{1}{3}+\frac{1}{9}+\frac{1}{27}$ &c.$)=\frac{1}{2}$ (§. 334). *Ergo duplum hujus ſeriei, hoc eſt,* ſ$(\frac{2}{3}+\frac{2}{9}+\frac{2}{27}$ &c.$=\frac{2}{2}=1$. *Et in genere* ſ$(\frac{1}{m}+\frac{1}{m^2}+\frac{1}{m^3}+\frac{1}{m^4}$ &c. *in infinit.*$)=1:(m-1)$. *Ergo multiplum hujus ſeriei, cujus denominator* $m-1$, *ſit neceſſe eſt* $(m-1):(m-1)=1$.

PROBLEMA 149.

337. *Invenire ſummam infinitarum fractionum, ubi numerator communis deficit a denominatore primæ data quantitate, denominatores vero progrediuntur in ratione unitatis ad denominatorem primi.*

Sit

Digitized by Google

Si terminus primus $=(m-n):m$, qui utpote æqualis ſummæ primi & ultimi diviſus per $(m-1)$ dat ſummam omnium terminorum maximo excepto $(m-n):(m^2-m)$. Quare ſumma ſeriei integræ $=(m-n):(m^2-m)+(m-n):m=(m-n+m^2-mn-m+n):(m^2-m)=(m^2-mn):[m^2-m]=(m-n):(m-1)$.

Sit e. gr. $n=1$, erit $(m-n):(m-1)=(m-1):(m-1)=1$.

Sit $n=2$, $m=4$, erit $\int(\frac{2}{4}+\frac{2}{16}+\frac{2}{64}$ &c.) $=(4-2):(4-1)=\frac{2}{3}$.

Sit $n=2$, $m=5$; erit $\int(\frac{3}{5}+\frac{3}{25}+\frac{3}{125}$ &c.) $=(5-2):(5-1)=\frac{3}{4}$.

Sit $n=2$, $m=6$; erit $\int(\frac{4}{6}+\frac{4}{36}+\frac{4}{216}$ &c.) $=(6-2):(6-1)=\frac{4}{5}$.

Sit $n=2$, $m=7$; erit $\int(\frac{5}{7}+\frac{5}{49}+\frac{5}{343}$ &c.) $=(7-2):(7-1)=\frac{5}{6}$.

Similiter

Sit $n=3$, $m=6$; erit $\int(\frac{3}{6}+\frac{3}{36}+\frac{3}{216}$ &c.) $=(6-3):(6-1)=\frac{3}{5}$.

Sit $n=3$, $m=7$; erit $\int(\frac{4}{7}+\frac{4}{49}+\frac{4}{343}$ &c.) $=(7-3):(7-1)=\frac{4}{6}=\frac{2}{3}$.

Sit $n=3$, $m=8$; erit $\int(\frac{5}{8}+\frac{5}{64}+\frac{5}{512}$ &c.) $=(8-3):(8-1)=\frac{5}{7}$.

Porro

Sit $n=4$, $m=8$; erit $\int(\frac{4}{8}+\frac{4}{64}+\frac{4}{512}$ &c.) $=(8-4):(8-1)=\frac{4}{7}$.

Sit $n=4$, $m=9$; erit $\int(\frac{5}{9}+\frac{5}{81}+\frac{5}{729}$ &c.) $=(9-4):(9-1)=\frac{5}{8}$.

Sit $n=4$, $m=10$, erit $\int(\frac{6}{10}+\frac{6}{100}+\frac{6}{1000}$ &c.) $=(10-4):(10-1)=\frac{6}{9}=\frac{2}{3}$.

&c. &c.

PROBLEMA 150.

338. *Invenire ſummam fractionum infinitarum, quarum communis eſt numerator, denominatores vero in ratione quacunque progrediuntur.*

Sit numerator communis $=m$, denominator fractionis primæ $=a$, denominator rationis $=n$; erit ſeries ſummanda $\frac{m}{a}+\frac{m}{na}+\frac{m}{n^2a}+\frac{m}{n^3a}$ &c. in infinit. Unde eodem, quo in problematibus præcedentibus, modo reperitur ſumma $m:(na-a)+m:a=(m+mn-m):(na-a)=mn:(na-a)=mn:a(n-1)$.

Sit e. gr. $m=5$, $a=6$, $n=2$; erit $\int(\frac{5}{6}+\frac{5}{12}+\frac{5}{24}$ &c.) $=10:6(2-1)=\frac{10}{6}=\frac{5}{3}=1\frac{2}{3}$.

Sit $m=3$, $a=5$, $n=4$; erit $\int(\frac{3}{5}+\frac{3}{20}+\frac{3}{80}+\frac{3}{320}$ &c.) $=12:5(4-1)=\frac{12}{15}=\frac{4}{5}$.

Sit $m=1$, $a=7$, $n=2$; erit $\int(\frac{1}{7}+\frac{1}{14}+\frac{1}{28}+\frac{1}{56}$ &c.) $=2:7(2-1)=\frac{2}{7}$.

SCHOLION.

339. *Hoc problema univerſalitate ſua antecedentia omnia complectitur. Sit enim $n=a$ & $m=n-l$, qui eſt caſus problematis præcedentis: ſubſtitutis hiſce valoribus in formula præſente, prodit $(n^2-ln):(n-1)n=(n-l):(n-1)$, quæ eſt formula problematis præcedentis. Similiter ſit $n=a$, $m=n-1$, erit ſumma $=(n^2-n):(n^2-n)=1$, ut ſupra*

 (§. 335)

(§. 335). *Denique ſi* $m = 1$, $n = a$; *erit ſumma* $= n : (n-1) n = 1 : (n-1)$, *ut ſupra* (§. 334)

PROBLEMA 151.

340. *Invenire rationem ſummæ progreſſionis arithmeticæ ſimplicis ab* 1 *in infinitum continuatæ* ($1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$ &c.) *ad ſummam totidem maximo æqualium.*

Terminus primus $= 1$, numerus terminornm $= n$, differentia $= 1$. Ergo ultimus $= n$ & hinc $\int (1 + 2 + 3 + 4 + 5$ &c.$) = \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{2}n$ (§. 106 *part. 1*) & $\int n = n^2$. Cum n ſit infinitus numerus, atque (§. 66. *Arithm.*) $1 : n = n : n^2$; erit n^2 ipſo n infinities majus, adeoque n reſpectu n^2 pro nihilo habendum (§. 3), conſequenter $\frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{2}n = \frac{1}{2}n^2$. Eſt itaque $\int (1 + 2 + 3 + 4 + 5$ &c. in infinit.$) : \int n = \frac{1}{2}n^2 : n^2 = 1 : 2$ (§. 124 *part. 1*).

Theorema. Summa ſeriei numerorum naturalium in infinitum continuatæ eſt ad ſummam totidem maximo æquali um ut 1 ad 2.

PROBLEMA 152.

341. *Invenire rationem ſummæ progreſſionis arithmeticæ ſive finitæ, ſive infinitæ, cujus terminus primus eſt* 0, *ad ſummam totidem maximo æqualium.*

Terminus primus $= o$, ultimus $= v$, numerus terminorum $= n$; erit ſumma progreſſionis $= \frac{1}{2}nv$ (§. 106. *part. 1*), ſumma vero totidem maximo æqualium nv. Eſt ergo illa ad hanc ut $\frac{1}{2}nv$ ad nv, hoc eſt, ut 1 ad 2 (§. 124 *part. 1*).

PROBLEMA 153.

342. *Invenire rationem, quam habet ſumma omnium quadratorum ab* o *in infinitum continuatorum ad ſummam totidem maximo æqualium.*

Sit terminus maximus n; erit ſumma quadratorum $\frac{1}{3}n^3 + \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{6}n$ (§. 205 *part 1.*). Eſt vero $1 : n = n^2 : n^3$ (§. 66 *Arithm.*) ergo quia 1 infiniteſima ipſius n; *per hypoth.* erit etiam n^2 infiniteſima ipſius n^3, conſequenter $\frac{1}{2}n^2$, adeoque multo magis $\frac{1}{6}n$, reſpectu ipſius $\frac{1}{3}n^3$ pro nihilo habendum (§. 3). Eſt ergo ſumma infinitorum quadratorum $\frac{1}{3}n^3$. Quadratorum vero totidem maximo æqualium ſumma eſt n^3. Quare illa ad hanc ut $\frac{1}{3}n^3$ *ad* n^3, hoc eſt, ut 1 ad 3 (§. 124 *part. 1*).

PROBLEMA 154.

343. *Invenire rationem, quam habet ſumma omnium cuborum ab* o *in infinitum continuatorum ad ſummam totidem maximo æqualium.*

Sit terminus maximus n; erit ſumma cuborum $\frac{1}{4}n^4 + \frac{1}{2}n^3 + \frac{1}{4}n^2$ (§. 205 *part. 1*). Sed eodem modo, quo in problemate præcedente, oſten-

oſtenditur, $\frac{1}{2}n^3$, adeoque multo magis $\frac{1}{4}n^2$, reſpectu ipſius $\frac{1}{4}n^4$ tandem evaneſcere. Erit ergo ſumma infinitorum cuborum $\frac{1}{4}n^4$. Sed ſumma totidem cuborum maximo æqualium eſt n. Quare illa ad hanc ut $\frac{1}{4}n^4$ ad n^4, hoc eſt, ut 1 ad 4 (§.124 *part. 1*).

PROBLEMA 155.

344. *Invenire rationem, quam habet ſumma omnium potentiarum cujuscunque gradus ab* 0 *in infinitum continuatarum ad ſummam totidem maximæ æqualium.*

Quoniam omnes potentiæ inferiores numeri infiniti reſpectu ſuperioris evaneſcunt (id quod eodem modo, quo in probl. 153 oſtenditur), ſumma omnium potentiarum ab *o* in infinitum continuatarum eſt $\frac{1}{m+1}(n+1)^{m+1}$ (§.203 *part. 1*) $= \frac{1}{m+1}n^{m+1}$ in caſu infiniti, ob $1=0$ reſpectu n. Sed potentia maxima eſt n^m adeoque ſumma totidem maximæ æqualium n^{m+1}. Ergo ſumma illa ad hanc ut $\frac{1}{m+1}n^{m+1}$ ad n^{m+1}, conſequenter ut 1 ad $m+1$ (§. 124 *part. 1*).

E. gr. Sit $m=2$; erit ſumma quadratorum infinitorum ad totidem maximo æqualium ut 1 ad 3.

Sit $m=3$; erit ſumma cuborum infinitorum ad totidem maximo æqualium ut 1 ad 4.

Sit $m=7$; erit ſumma potentiarum ſeptimi gradus ad totidem maximæ æqualium ut 1 ad 8.

SCHOLION 1.

345. *In infinitum continuari revera non aliud ſignificat, quam eo usque continuari, donec quantitates quædam reſpectu aliarum evaneſcant* (1). *Nam e. gr.* (§. 342) *in ſumma quadratorum* $\frac{1}{3}n^3+\frac{1}{2}n^2+\frac{1}{6}n$ *ratio termini primi* $\frac{1}{3}n^3$ *ad reliquos* $\frac{1}{2}n^2$ & $\frac{1}{6}n$ *continuo creſcit. Unde non mirum, ſi ratio poſteriorum tandem adeo exigua evadat, ut aſſignari amplius nequeat. Eſt enim primus ad ſecundum* $=\frac{1}{3}n^3:\frac{1}{2}n^2=2n:3$ (§.124. *part. 1*). *Quare creſcente n ratio ipſius 2n ad 3 continuo creſcit* (§. 203 *Arithm.*). *Similiter terminus primus eſt ad tertium ut* $\frac{1}{3}n^3$ *ad* $\frac{1}{6}n$, *hoc eſt, ut* $2n^2$ *ad* 1 (§. 124 part. 1). *Quare creſcente n ratio ipſius* $2n^2$ *ad* 1 *multo magis creſcit, quam in caſu priore* (§. 203 *Arithm.*). *In eo igitur caſu, in quo terminus ſecundus reſpectu primi fit inaſſignabilis, tertius multo magis inaſſignabilis eſſe debet.*

SCHOLION 2.

346. *Eodem modo plurima alia Arithmetica infinitorum theoremata inveniri poſſunt*

(1) Vid. Ontologia noſtra §. 523. & ſeqq.

poſſunt, ſi utamur iis, quæ in Analyſi finitorum (§. 173. & ſeqq.) *de numeris figuratis demonſtrata ſunt.*

SCHOLION 3.

347. *Uſum Arithmeticæ infinitorum in Geometria oſtenderunt* (m) Wallisius *inventor, & qui eam magis excoluit,* Iſmael Bulialdus (n). *Enimvero cum per calculum* Leibnitii *ſummatorium non modo ea, quæ per Arithmeticam infinitorum eruuntur, longe facilius; ſed & plurima huic inſuperabilia inveniri poſſint; e re noſtra non eſſe judico, ut de ejus uſu multa proferamus. Suffecerit igitur pauca eam in rem attuliſſe.*

CAPUT II.
DE USU ARITHMETICÆ INFINITORUM IN GEOMETRIA.

PROBLEMA 156.

Tab. III. Fig. 40. 348. *Invenire rationem trianguli* ACB *ad parallelogrammum* AEFB *ſuper eadem vel æquali baſi* AB *& ejusdem altitudinis.*

Concipiatur altitudo CD in partes infinite parvas & inter ſe æquales diviſa; triangulum ACD reſolvetur in parallelogrammula, quorum baſes ſunt ordinatæ trianguli M*m*, N*n*, O*o* &c. altitudines infiniteſimæ ipſius CD: parallelogrammum vero EABF in totidem parallelogrammula & inter ſe & maximo in triangulo æqualia, quorum nempe baſes baſi trianguli AB ſigillatim æquales ſunt. Parallelogrammula itaque ſeu elementa trianguli progrediuntur in ratione ordinatarum M*m*, N*n*, O*o* &c. (§. 380 *Geom.*). Ordinatæ vero ſunt ut abſciſſæ CP, CQ, QR (§. 396 *Geom.*, &, quoniam altitudo in partes æquales diviſa, abſciſſæ creſcunt in progreſſione arithmetica 0. 1. 2. 3. 4. 5 &c. Ergo elementa trianguli conſtituunt progreſſionem arithmeticam a cyphra inchoatam & in infinitum continuatam. Eſt adeo triangulum ACB ad parallelogrammum EABF ut 1 ad 2 (§. 341).

PROBLEMA 157.

349. *Invenire rationem ſpatii parabolici externi* AKLPA *ad rectangulum* AKLN *ſuper eadem baſi* Tab. II. Fig. 28.

(m) In Arithmetica infinitorum, quæ extat in Vol. I. Oper. Mathem.

(n) in Opere Novo ad Arithmet. eam infinitorum.

Digitized by Google

baſi KL *& ejusdem altitudinis* AK.

Si ſpatium parabolicum APL KA & rectangulum KN in parallelogrammula reſolvantur, ut in probl. præc. (§. 348), altitudine communi AK in partes infinite parvas æquales diviſa; elementa parabolici progrediuntur ut ſemiordinatæ HI, QP, KL &c. iisdem vero in rectangulo totidem reſpondent maximo, cujus baſis KL, æqualia. Quodſi parameter parabolæ fuerit a, AH = 1, AQ = 2, AK = 3 &c. erit HI = 1 : a, QP = 4 : a, KL = 9 : a &c. (§. 391 *part. 1.*), hoc eſt baſes elementorum, adeoque elementa ipſa (§. 389 *Geom.*), progrediuntur in ratione duplicata abſciſſarum, hoc eſt, ut 0, 1, 4, 9 &c. Eſt ergo ſpatium parabolicum AKLPA ad rectangulum ANLK ut 1 ad 3 (§. 342), adeoque ANLPA ad idem rectangulum ANLK ut 2 ad 3.

PROBLEMA 158.

Tab. II. Fig. 28. 350. *Invenire rationem ſpatii paraboloidici cujuscunque* AKLPA *ad rectangulum* AKLN.

Si abſciſſæ AH, AQ, AK fuerint ut 1, 2, 3 &c. in paraboloidibus quibuscunque erunt ſemiordinatæ HI, QP, KL ut 0, 1, 2^m, 3^m &c. (§. 519 *part. 1*). Quare cum etiam ſpatii paraboloidici AKLPA elementa progrediantur ut 1, 2^m, 3^m &c. (§. 349), iisdem vero in rectangulo reſpondeant totidem maximo æqualia, erit illud ad hoc ut 1 ad $1+m$ (§. 344), conſequenter ANLPA ad idem rectangulum NK ut $1 - \frac{1}{1+m}$ ad 1, hoc eſt, ut $\frac{m}{1+m}$ ad 1, ſeu ut m ad $1+m$ (§. 124 *part. 1*).

PROBLEMA 159.

351. *Invenire rationem pyramidis & coni ad priſma & cylindrum ſuper eadem baſi & eiusdem altitudinis.* Tab. III. Fig. 41.

Si pyramidis ADBC altitudo concipiatur in partes infinite parvas æquales diviſa; in priſmata reſolvitur, quæ inter ſe ſunt ut baſes (§. 573 *Geom.*), hoc eſt, ut plana ſimilia a, b, c, d (§. 474 *Geom.*), Quoniam vero altitudines illorum priſmatum ſunt ut 1, 2, 3 &c. planorum latera homologa erunt itidem ut 0, 1, 2, 3 &c. (§. 566 *Geom.*) adeoque ipſa plana

ut

ut o, 1, 4, 9 &c. (*§.* 406 *Geom.*) Quare cum elementis pyramidis reſpondeant in priſmate ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis totidem maximo æqualia; pyramis ad priſma eſt ut 1 ad 3 (§. 342).

Quodſi ACBD fuerit conus, plana *a*, *b*, *c*, *d* erunt circuli: qui cum progrediantur ut o, 1, 4, 9 &c. (§. 387 *Geom.*), in cylindro vero ipſis reſpondeant totidem maximo *d* æquales; conus quoque ad cylindrum ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis eſt ut 1 ad 3 (§. 342).

PROBLEMA 160.

Tab. III. Fig. 42. 352. *Invenire rationem conoidis parabolici ex rotatione parabolæ* AMSR *circa axem* AR *geniti ad cylindrum ſuper eadem baſi & ejusdem altitudinis.*

Conſtat ex ſuperioribus (§. 197), altitudine AR in particulas infinite parvas & æquales diviſa conoides reſolvi in cylindrulos, quorum baſes ſunt circuli radiis PM, QN, SR deſcripti, quique adeo ſunt ut iſti circuli (§. 573 *Geom.*). Quodſi AP = 1, AQ = 2, AR = 3; erit PM = 1, QN = $\sqrt{2}$, SR = $\sqrt{3}$. (*§.* 392 *part.* 1) adeoque circuli ſunt ut o, 1, 2, 3 &c. (*§.* 408. *Geom.*). Quare cum iisdem reſpondeant in cylindro totidem maximo æquales; omnia elementa conoidis ad omnia elementa cylindri ſunt ut 1 ad 2 (§. 341).

FINIS Analyſeos infinitorum.

Biblioteca Nazionale V. E. III NAPOLI

641586

Digitized by Google

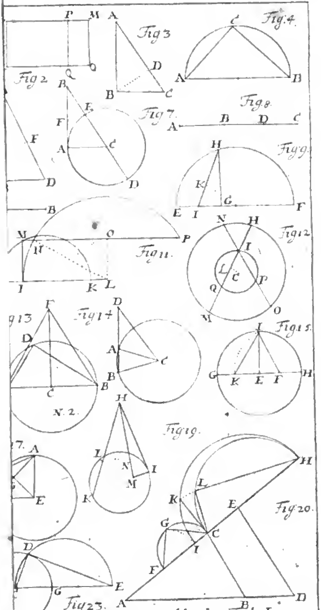
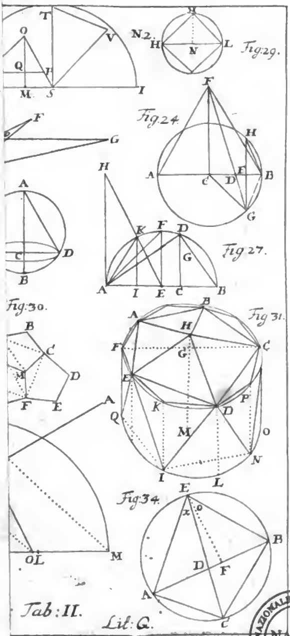


Fig: Algebr: Tab: I.

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google



Tab: II.   Lit: Q.

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

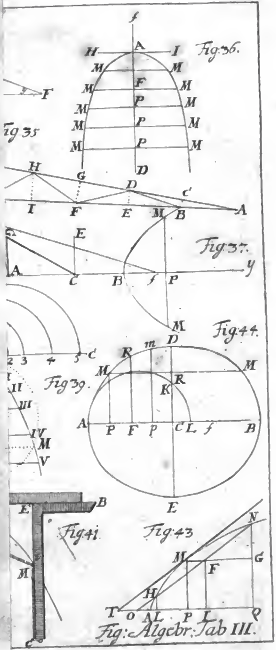


Fig: Algebr: Tab III.

Digitized by Google

Digitized by Google

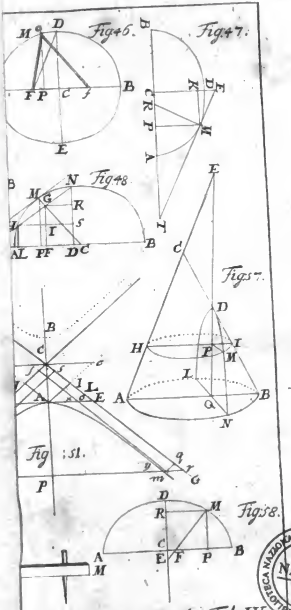


Fig: Algebr: Tab: IV.



BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google

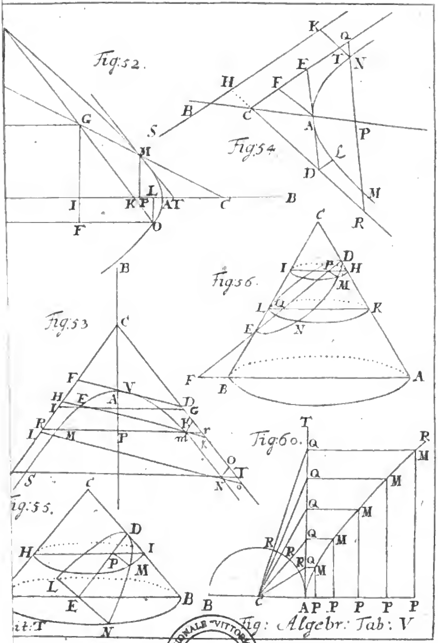


Fig: Algebr: Tab: V

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google

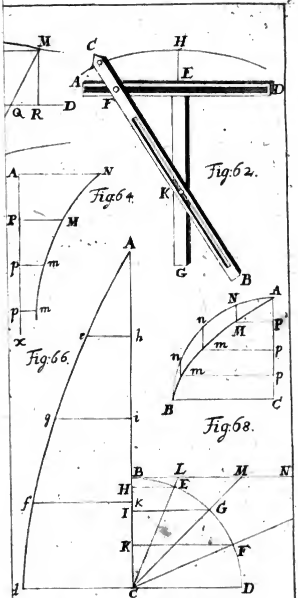
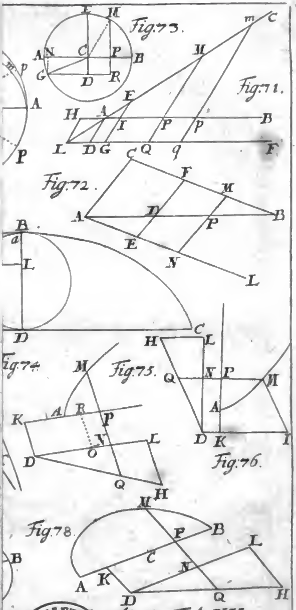


Fig: Algebr: Tab: VI
Lit: V.

VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI
Digitized by Google



Algebr: Tab: VII.

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

Digitized by Google

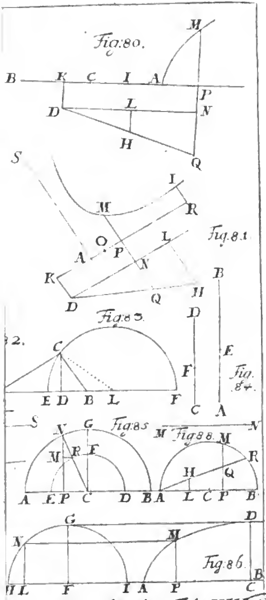


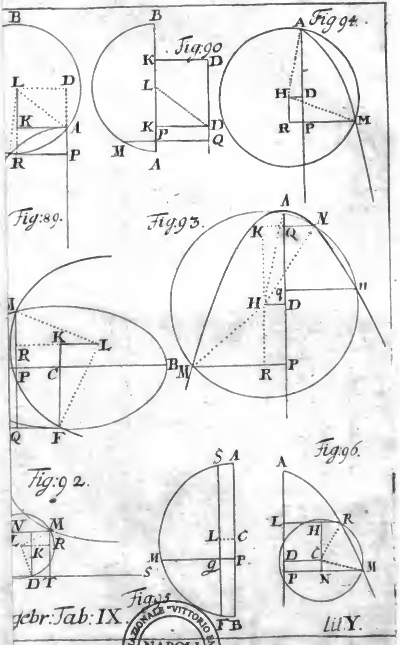
Fig: Algebr: Tab: VIII.



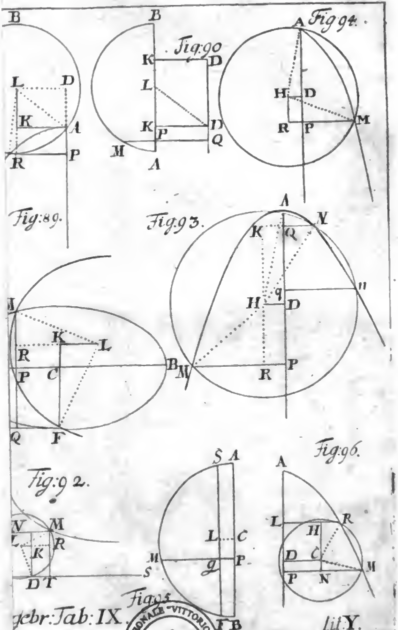
BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google



BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI



…gebr: Tab: IX. lit Y.

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Digitized by Google

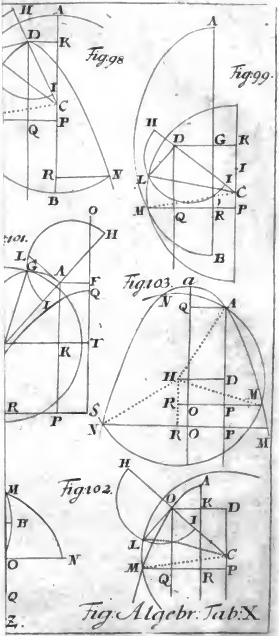


Fig. Algebr. Tab. X

Digitized by Google

Digitized by Google

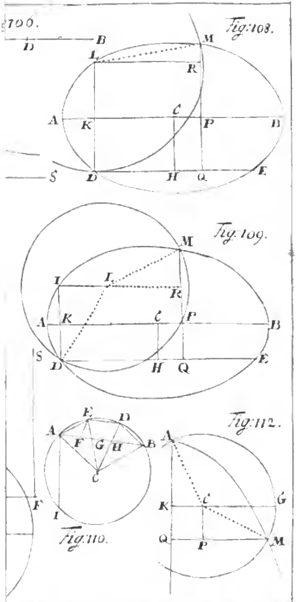
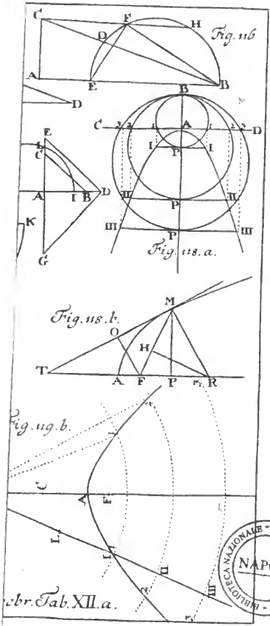


Fig: Algebr: Tab: XI. ht: A 2.

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE NAPOLI

Digitized by Google



BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google

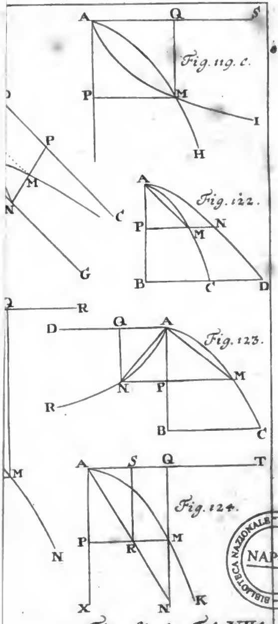


Fig. Algebr. Tab. XII. b.

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google

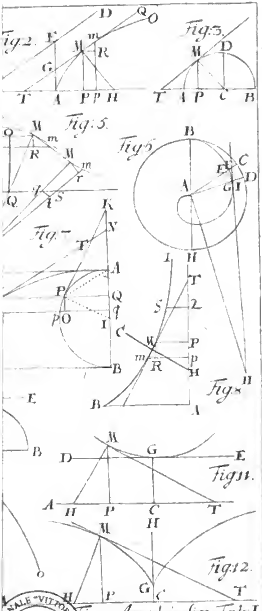
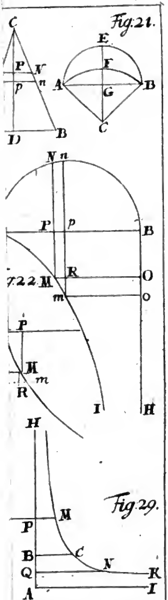


Fig: Anal: infin: Tab I.

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google



al: infin: Tab. II.

Digitized by Google

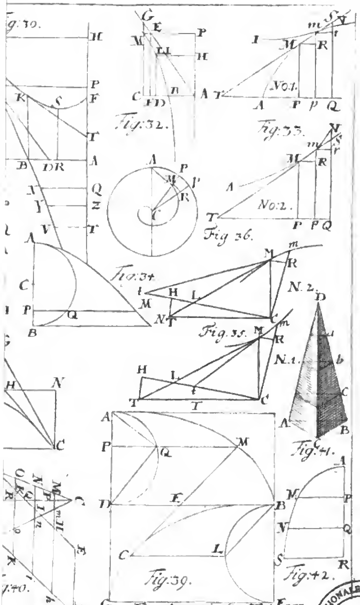


Fig. Anal. infin. Tab. III.

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI
Digitized by Google

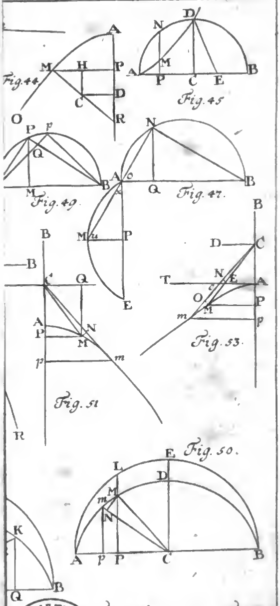


Fig. Anal. infin. Tab. IV.

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" - NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google